

# Introduction à UML

Shebli Anvar – DSM/DAPNIA – CEA Saclay  
François Terrier, Sébastien Gérard DRT/LIST – CEA/Saclay

F-91191 Gif sur Yvette Cedex France  
Francois.Terrier@cea.fr ; Sebastien.Gerard@cea.fr ;  
Shebli.Anvar@cea.fr

# Définitions

## ◆ UML = **U**nified **M**odeling **L**anguage

- Langage unifié pour la modélisation objet
- Langage de modélisation des applications construites à l'aide d'objets, indépendant de la méthode utilisée

## ◆ Différence Langage – Méthode

- Langage de modélisation = notations, grammaire, sémantique
- Méthode : comment utiliser le langage de modélisation (recueil des besoins, analyse, conception, mise en œuvre, validation...)

## ◆ Objet = représentation du problème basée sur des entités (concrètes ou abstraites) du monde réel

# La complexité des logiciels

- ◆ Le logiciel est complexe par nature → gérer cette complexité
- ◆ Les systèmes peuvent être décomposés selon
  - ce qu'ils font (approche fonctionnelle)
  - ce qu'ils sont (approche objet)
- ◆ L'approche objet gère plus efficacement la complexité

# Historique des langages OO

## ◆ Langages de programmation orientés objets

- Simula (1967)
- Smalltalk (1970)
- C plus Classes (1980)
- C++ (1985)
- Eiffel (1988)
- Java (1995)

## ◆ SGBD orientés objets

- Utilisation des objets avec un langage OO

## ◆ Genèse des méthodes d'analyse

- Implémentation
- Conception (solution informatique)
- Analyse (comprendre et modéliser le problème)
- ...

# Les méthodes d'analyse

## ◆ Méthodes orientées comportement

- on s'intéresse à la dynamique du système  
ex : réseaux de Pétri

## ◆ Méthodes fonctionnelles :

- s'inspirent de l'architecture des ordinateurs
- on s'intéresse aux fonctions du système  
ex : SADT

## ◆ Méthodes orientées données :

- on ne s'intéresse pas aux traitements  
ex : MERISE

## ◆ Méthodes orientées objets :

- on ne sépare pas les données et les traitements  
ex : Booch, OMT

# L'unification

## ◆ des méthodes

- La guerre des méthodes ne fait plus avancer la technologie des objets
- Recherche d'un langage commun unique
  - ◆ Utilisable par toutes les méthodes
  - ◆ Adapté à toutes les phases du développement
  - ◆ Compatible avec toutes les techniques de réalisation

## ◆ sur plusieurs domaines d'applications

- Logiciels → Ingénierie des logiciels
- Logiciels et matériels → Ingénierie des systèmes
- Personnes → Ingénierie des affaires

# Intérêt d'un standard de modélisation universel



Passer de l'artisanat à la production industrielle

- Modélisation haut niveau
- Développement basé sur composants
- Intégration de procédés de modélisations complémentaires
- Notation unifiée pour toutes les méthodologies OO



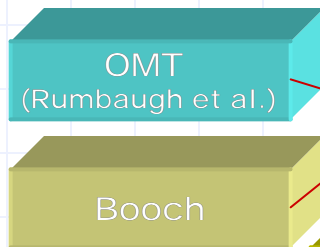
> 150 fin 1990

Rational

OMG

1995

1996



Unified Method  
0.8



UML 0.9

Catalysis

ROOM

etc.

UML 1.1

Nov. 1997

UML 1.3

Juin 1999

UML 1.4

Fin 2001

UML 2.0

...

# Unified Modeling Language

◆ Langage = syntaxe + sémantique

- Syntaxe

- ◆ Règles selon lesquelles les éléments du langage (ex. les mots) sont assemblés en des expressions (ex. phrases, clauses).

- Sémantique

- ◆ Règles permettant d'attribuer une signification aux expressions syntactiques

→ UML Notation Guide

→ UML Semantics



# OMG UML 1.4 Specification: <http://www.omg.org>

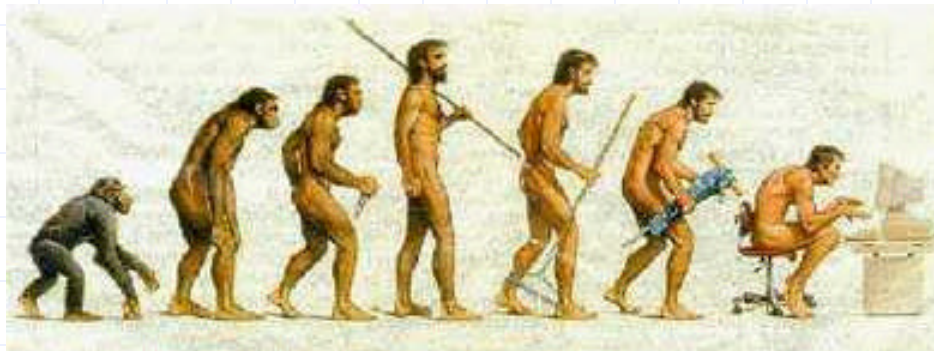
- ◆ UML Summary
- ◆ UML Semantics
- ◆ UML Notation Guide
- ◆ UML Standard Profiles
- ◆ UML CORBAFacility Interface Definition
- ◆ UML XML Metadata Interchange DTD
- ◆ Object Constraint Language

# Autres documents

- ◆ CORBA 2.4.2 (inclut Real-Time CORBA specifications)
- ◆ Meta-Object Facility (MOF)  
Base commune CORBA, UML, etc.
- ◆ UML v. 1.4
  - OMG UML Tutorials: <http://www.celigent.com/omg/umlrtf/tutorials.htm>
  - OMG UML Resources: <http://www.omg.org/uml/>
  - Pierre-Alain Muller, Essaim Mulhouse : [www.uml.crespim.uha.fr](http://www.uml.crespim.uha.fr)
- ◆ Profile for Action semantics  
[http://www.kc.com/as\\_site/home.html](http://www.kc.com/as_site/home.html)
- ◆ Profile for Scheduling, Performance and Time
- ◆ UML Profile for CORBA

# Objectifs

- ◆ Représenter des systèmes entiers
- ◆ Choisir la granularité de la description
- ◆ Établir un couplage explicite entre concepts et artefacts exécutables
- ◆ Programmation sans programmer :  
créer un langage de modélisation utilisable à la fois par les humains et les machines



# Caractéristiques du langage de modélisation UML

- ◆ Générique et Expressif
- ◆ Syntaxe et sémantique définis
- ◆ Flexible (configurable, extensible)
  - Définition du Métamodèle
  - Norme non figée
  - On peut adapter le langage à des domaines particuliers sans ajouter de nouveaux types de diagrammes
  - Introduction d'une nouvelle notion en la définissant comme particularisme d'une notion existante

# Portée

- ◆ Formalisme unique pour tout type d'application
  - gestion, scientifique, temps réel, industrielle, multimédia...
- ◆ Reste au niveau d'un langage
  - ne propose pas un processus de développement
  - ni ordonnancement des tâches,
  - ni répartition des responsabilités,
  - ni règles de mise en œuvre

(Certains ouvrages et AGL basés sur UML ajoutent cet aspect fondamental en méthodologie)

# Démarche

- ◆ Ensemble de point de vues complémentaires
- ◆ Développement par raffinages successifs

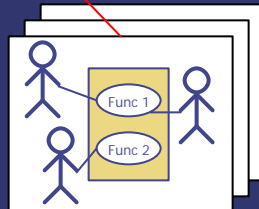
- ◆ Des règles
- ◆ Des vues
- ◆ L'analyse

- ◆ Des règles
- ◆ Des vues
- ◆ L'analyse

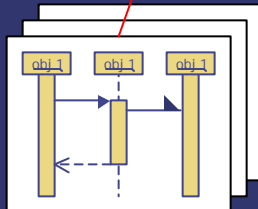


# Des modèles de plus en plus détaillés

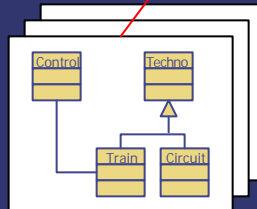
UML Use Case  
Diagrams



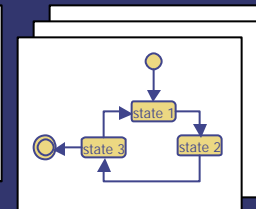
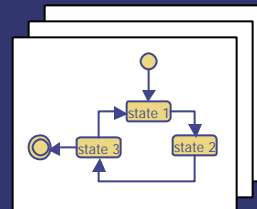
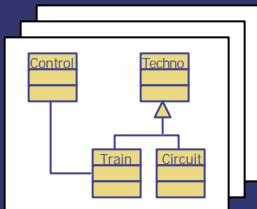
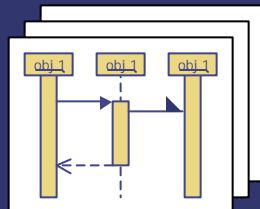
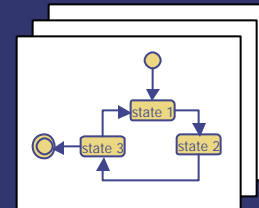
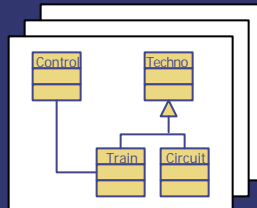
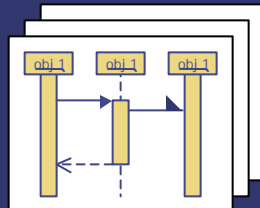
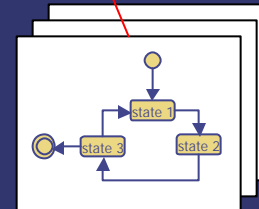
UML Interaction  
Diagrams



UML Class  
Diagrams



UML Statechart  
Diagrams



UML Activity  
Diagrams



# En résumé

- ◆ UML est un langage de modélisation objet
- ◆ UML est une notation, pas une méthode
- ◆ UML convient pour toutes les méthodes objet
- ◆ UML est dans le domaine public

UML est la notation standard pour documenter les modèles objets

# Caractéristiques fondamentales des objets

## ◆ Objet

- État
- Comportement
- Identité

## ◆ Communication entre objets

# L'état

- ◆ L'état regroupe les valeurs instantanées de tous les attributs d'un objet
- ◆ L'état évolue au cours du temps
- ◆ L'état d'un objet à un instant donné est la conséquence de ses comportements passés
- ◆ L'état conditionne son comportement futur

# Le comportement

- ◆ Décrit les actions et les réactions d'un objet
  - du point de vue externe (opérations)
  - Du point de vue interne (méthodes)
- ◆ L'état et le comportement sont liés
  - Le comportement dépend de l'état
  - L'état est modifié par le comportement

# L'identité

- ◆ Tout objet possède une identité qui lui est propre et qui le caractérise
- ◆ L'identité permet de distinguer tout objet de façon non ambiguë, indépendamment de l'état
- ◆ L'identité d'un objet est immuable tout au long de sa vie

# Communication entre objets

- ◆ Application = société d'objets collaborant
- ◆ Les objets travaillent en synergie afin de réaliser les fonctions de l'application
- ◆ Le comportement global d'une application repose sur la communication entre les objets qui la composent

# Les classes

- ◆ La classe est une description abstraite d'un ensemble d'objets « de même type »
- ◆ La classe peut être vue comme la factorisation des descriptions communes à un ensemble d'objets
- ◆ La classe est également un espace de nommage (*Namespace*)

# Les 9 diagrammes

Besoins des utilisateurs

**Diagramme des cas d'utilisation**

Structure statique

**Diagramme de classes**  
**Diagramme objet**

Dynamique des objets

**Diagramme états-transition**  
**Diagramme d'activités**

Interactions entre objets

**Diagramme de séquence**  
**Diagramme de collaboration**

Réalisation et déploiement

**Diagramme de composants**  
**Diagramme de déploiement**



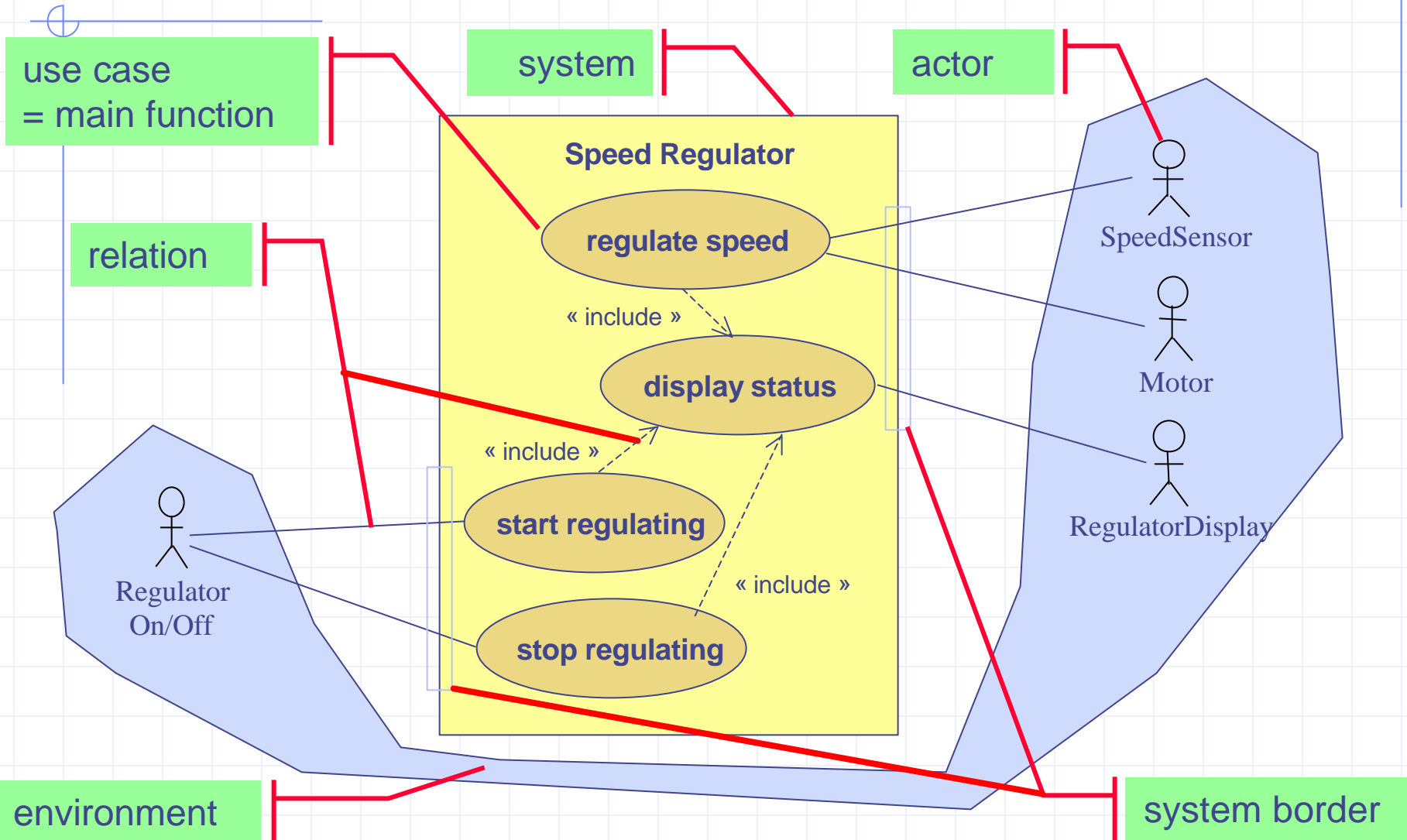
# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modéliser la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement des objets
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modéliser la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement des objets
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

# Use case diagram

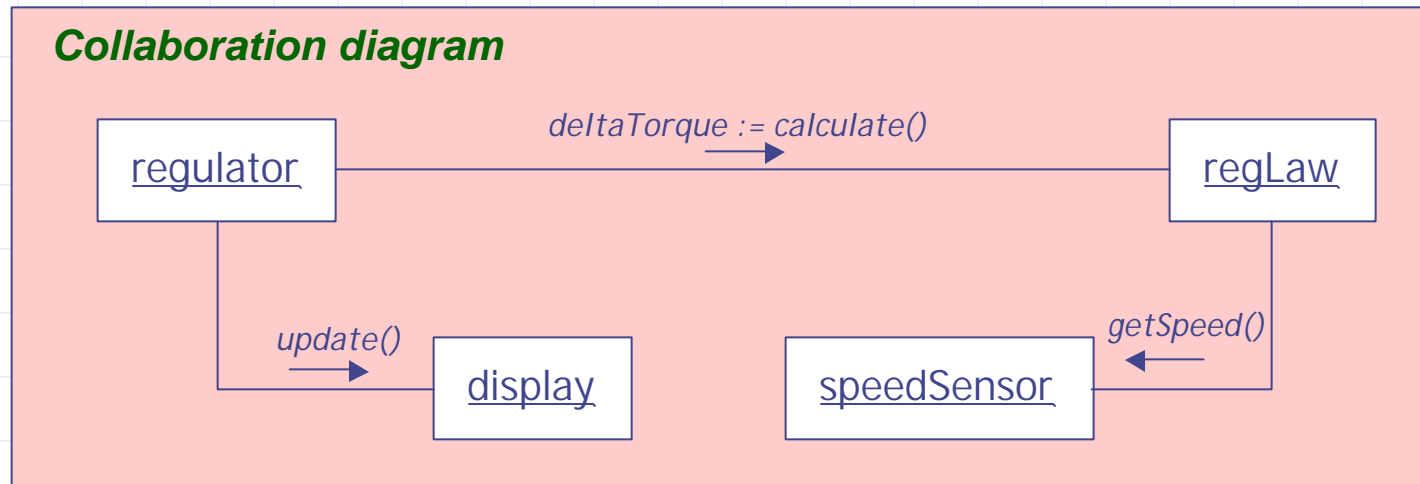


# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
  - Instances, liens, messages
  - Mécanismes de communication
  - Diagrammes de collaboration
  - Diagrammes de séquence
- ◆ Modélisation la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement de l'objet
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

# Instances, liens, messages

- ◆ On identifie et nomme les objets (instances) qui interviennent dans le système
- ◆ D'abord, les objets « physiques » puis les objets plus abstraits
- ◆ On spécifie les liens entre objets, puis les messages transitant par ces liens



# Mécanisme de communication

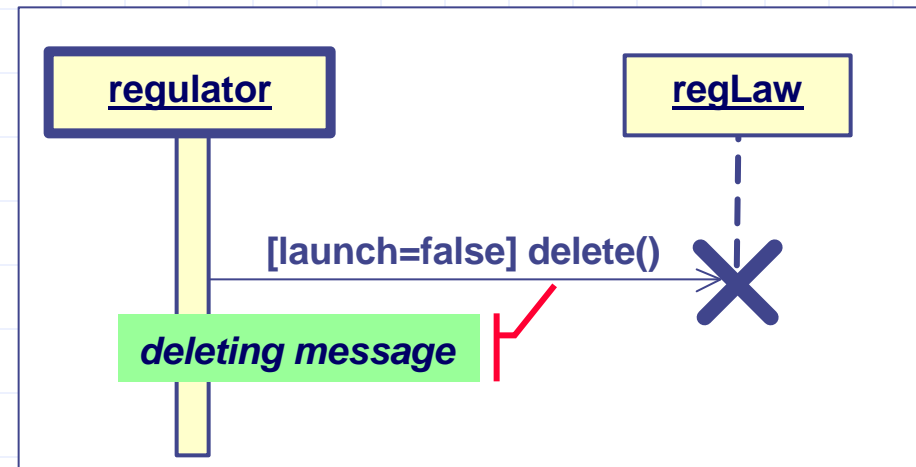
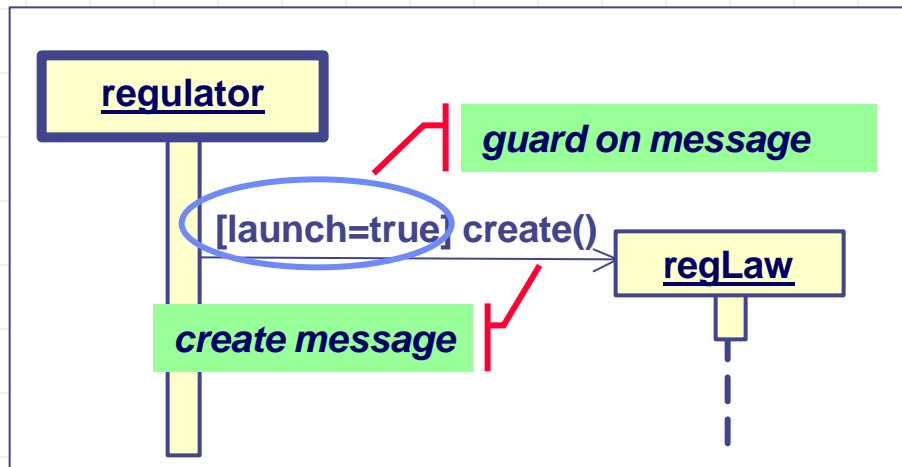
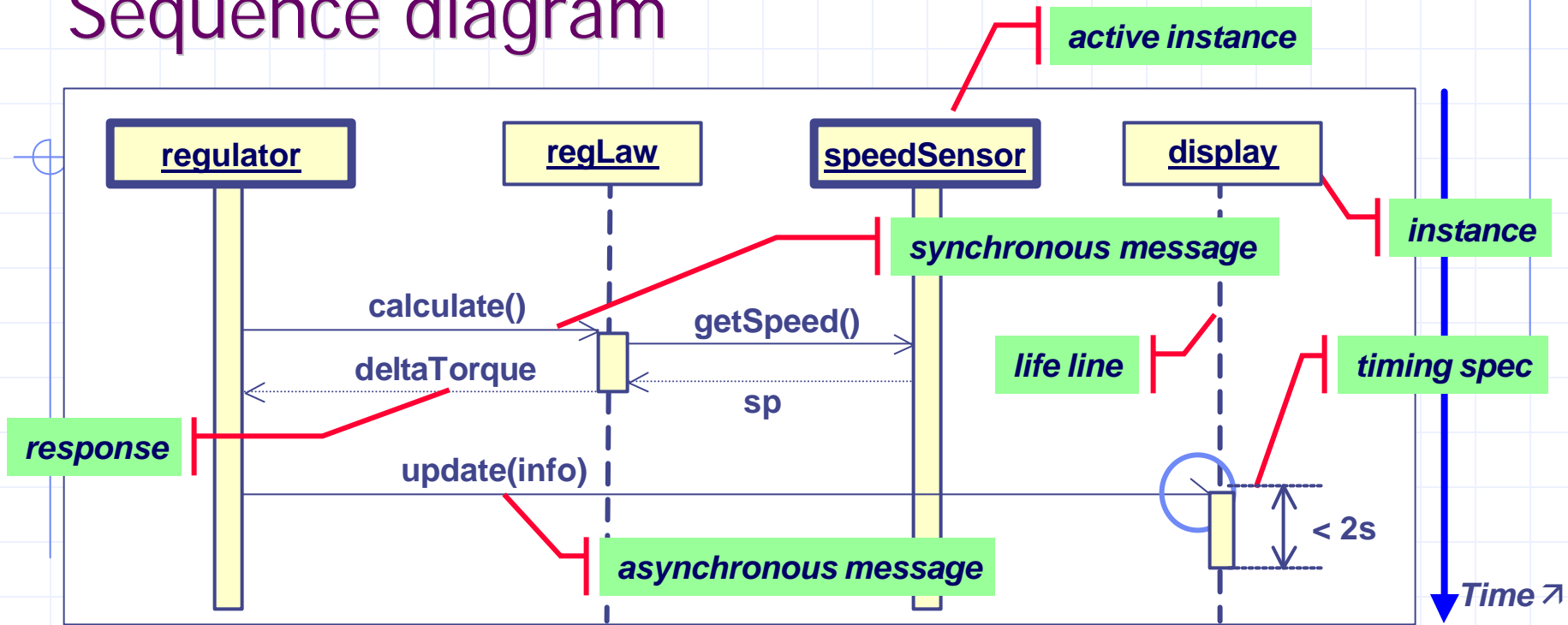
## ◆ Communication: uniquement par messages

- Message = une action + un événement
  - ◆ En général point à point
  - ◆ Possibilité d'un ensemble de cibles

## ◆ Deux types d'envoi de message

- Appel d'opération (CallAction + CallEvent)
  - ◆ Synchron/asynchrone, paramètres input et output
- Signal (SendAction + SignalEvent)
  - ◆ Asynchrone, paramètres input seulement

# Sequence diagram

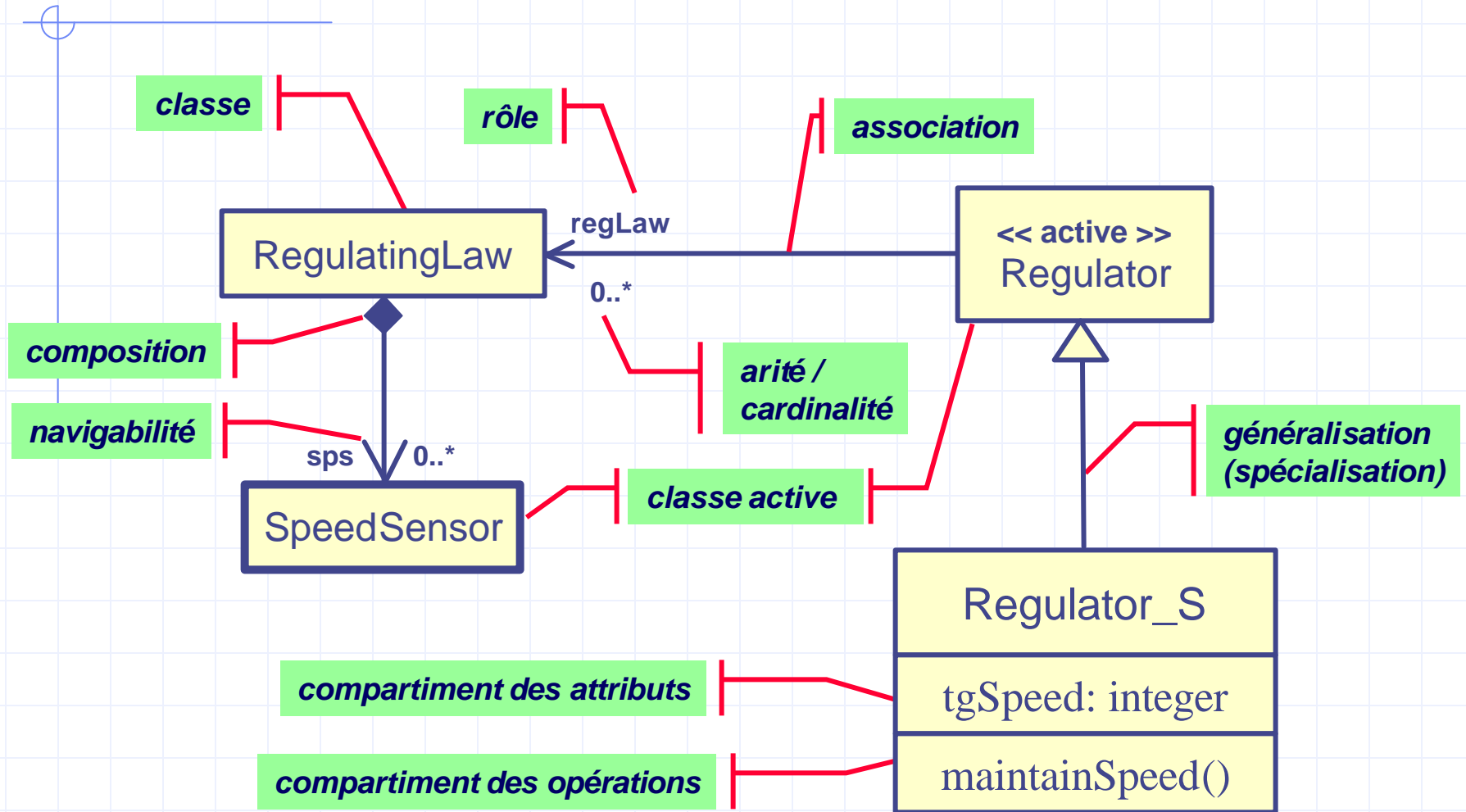


# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modélisation la structure de l'application
  - Diagrammes de classes
  - Paquetages
- ◆ Modéliser le comportement de l'objet
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

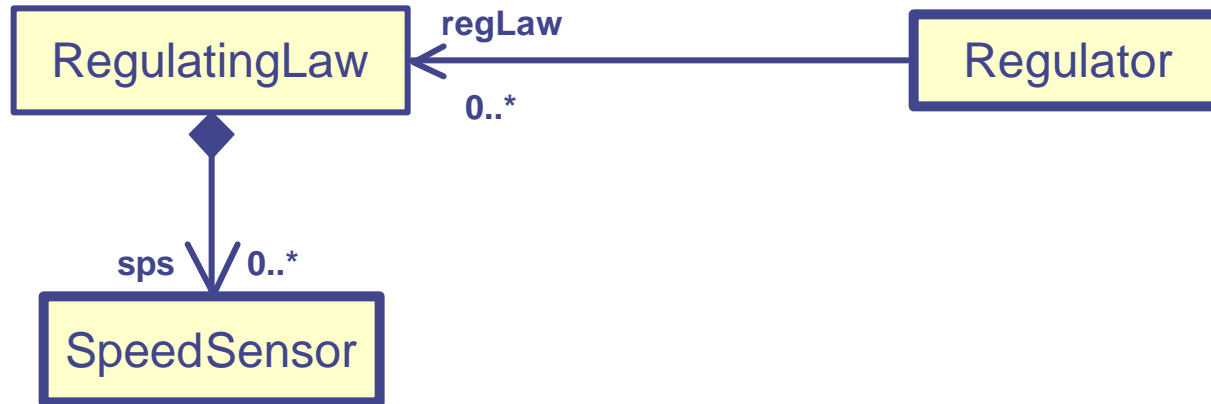


# Class diagram

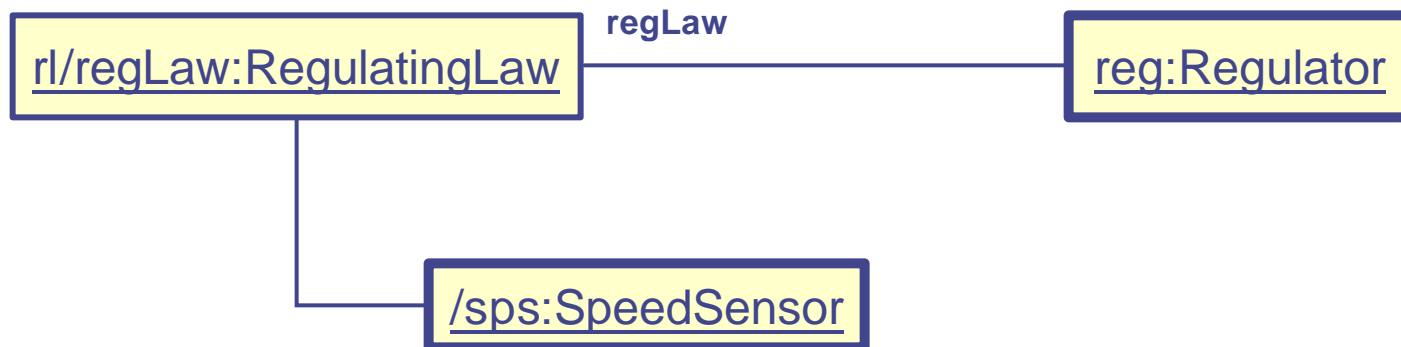


# Indication de type d'instance

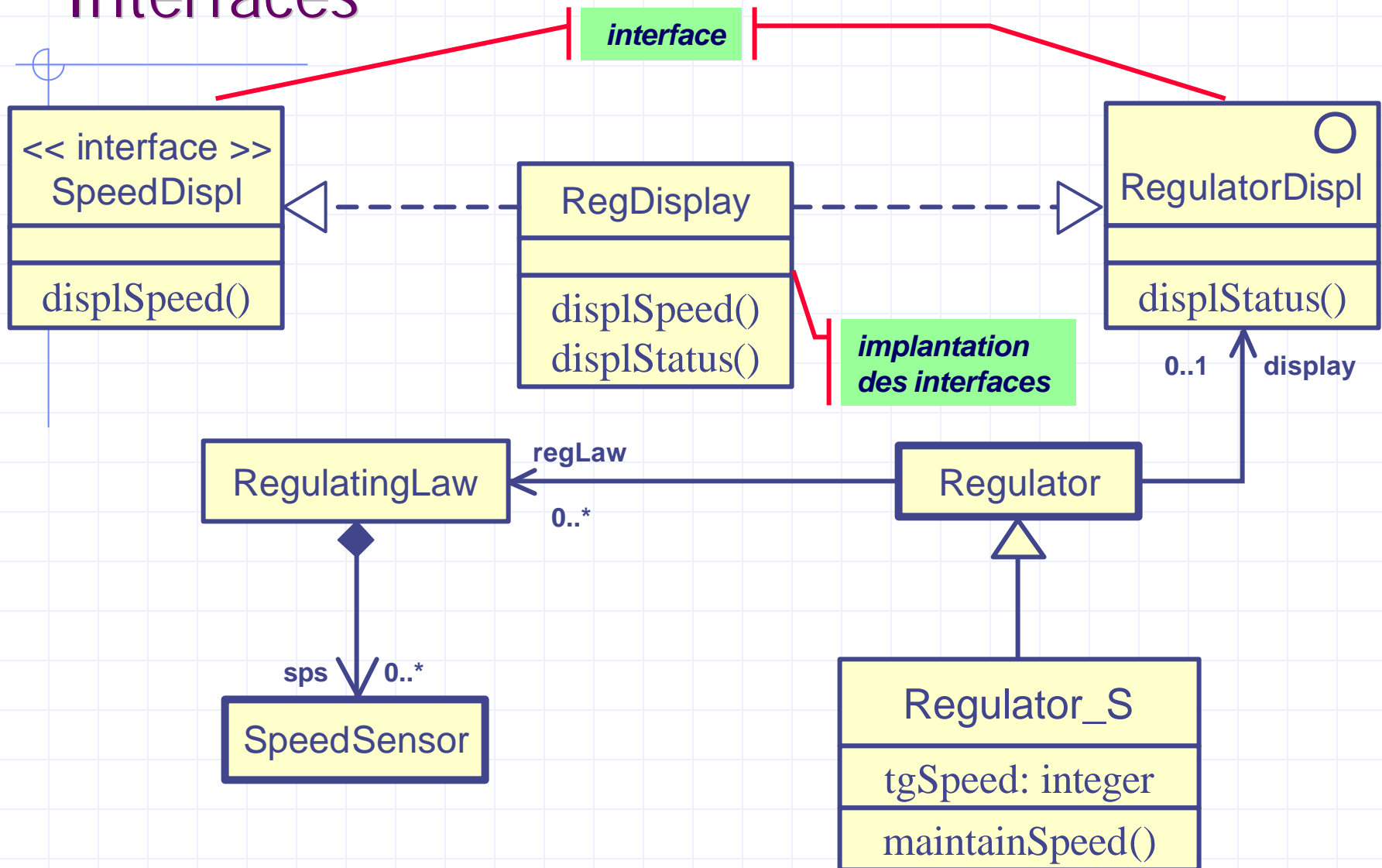
## Collaboration diagram



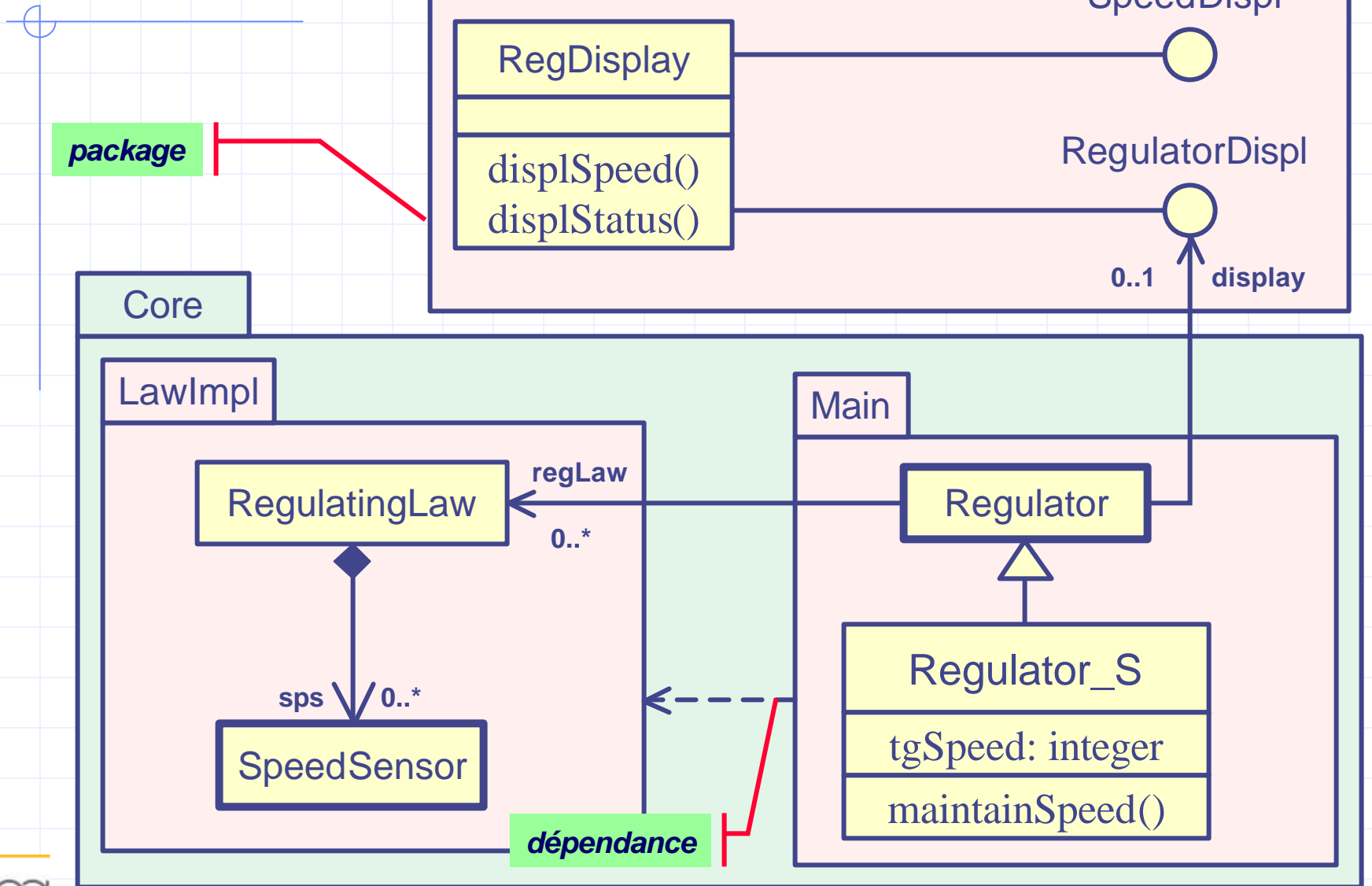
## Instance / role diagram



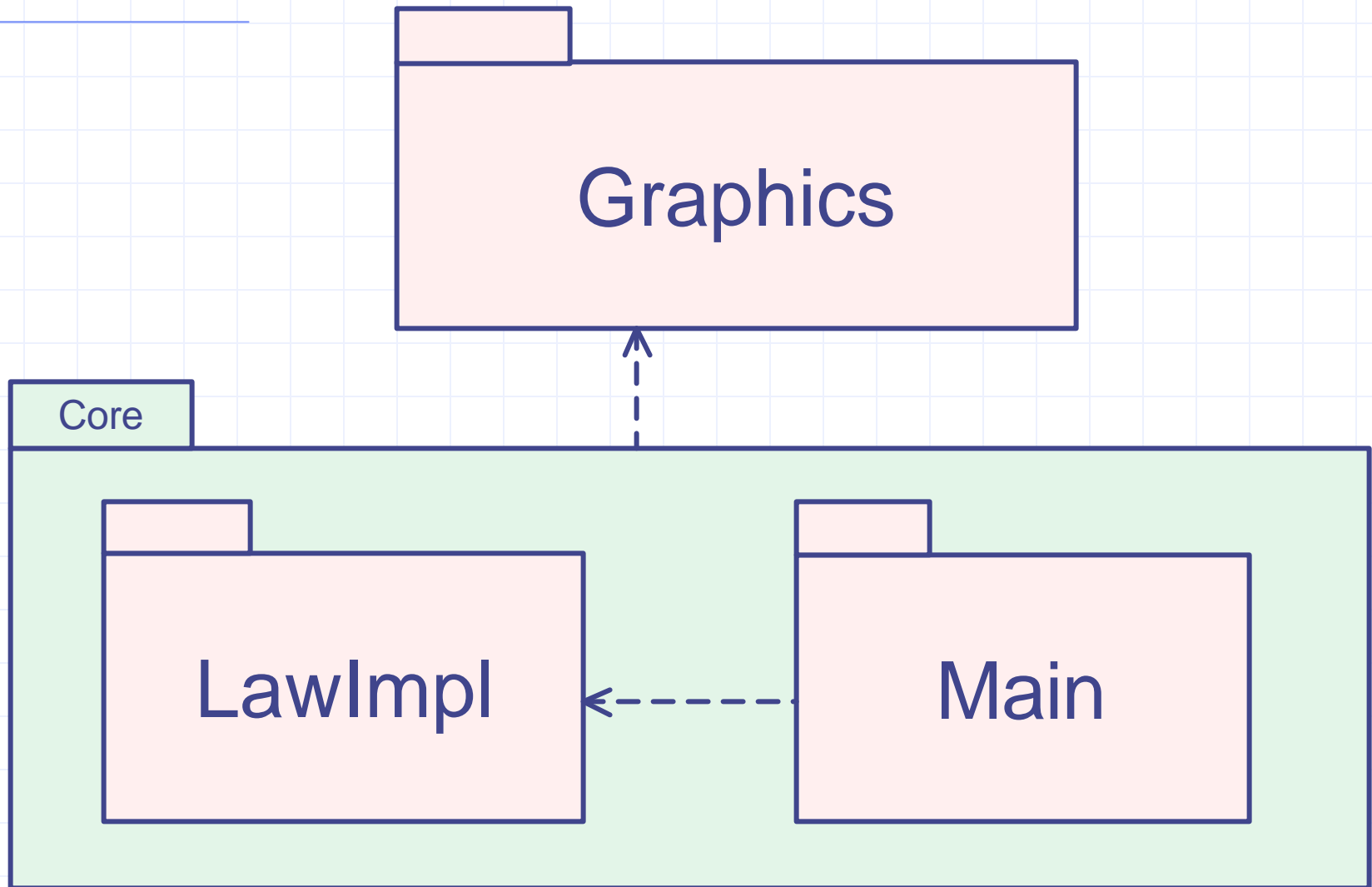
# Interfaces



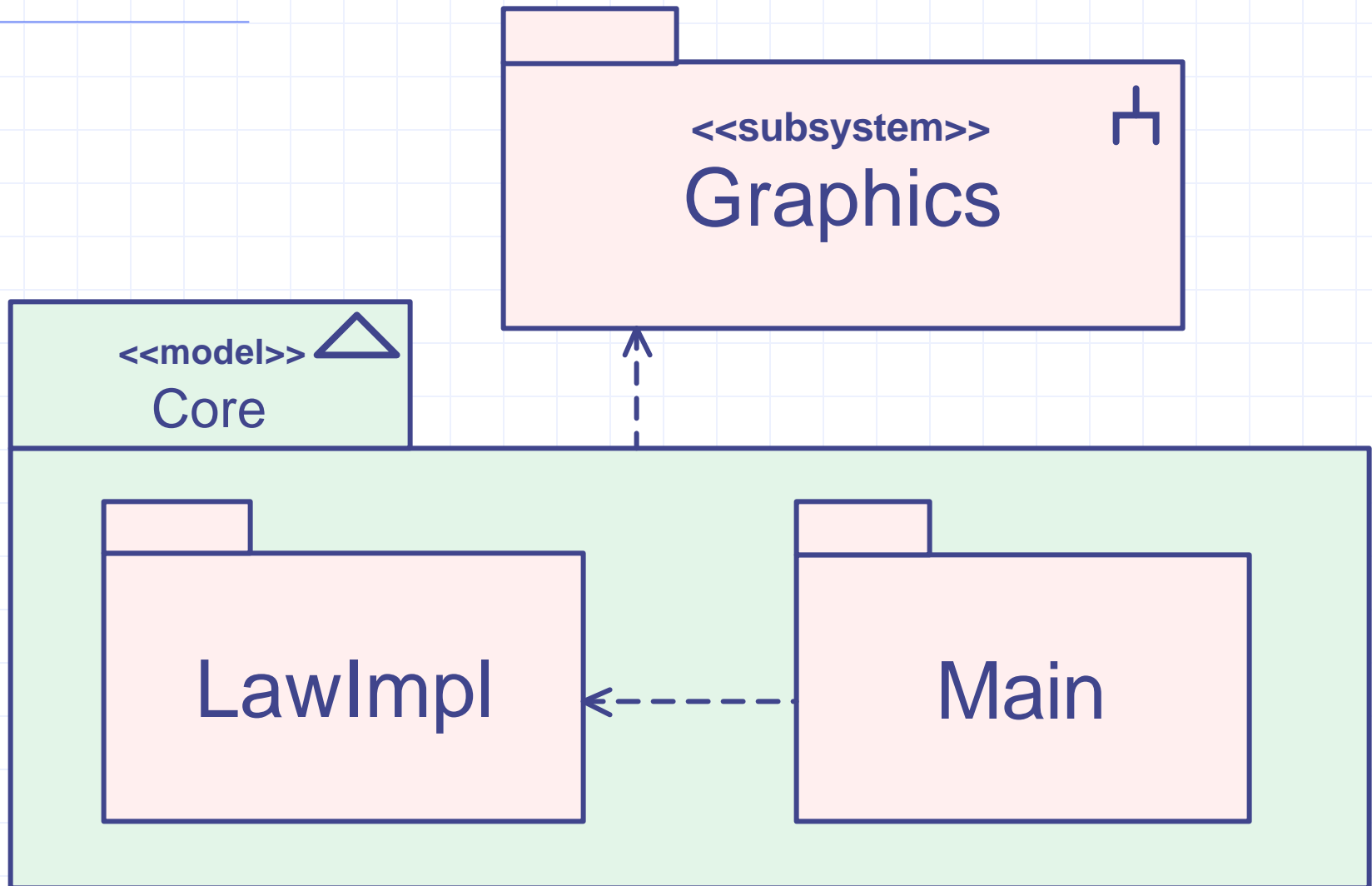
# Packages



# Packages



# Packages

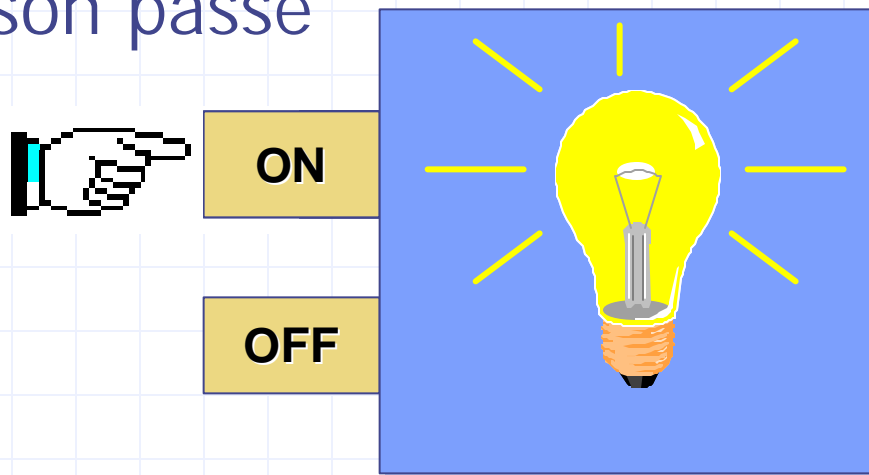


# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modélisation la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement de l'objet
  - Machines d'état
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

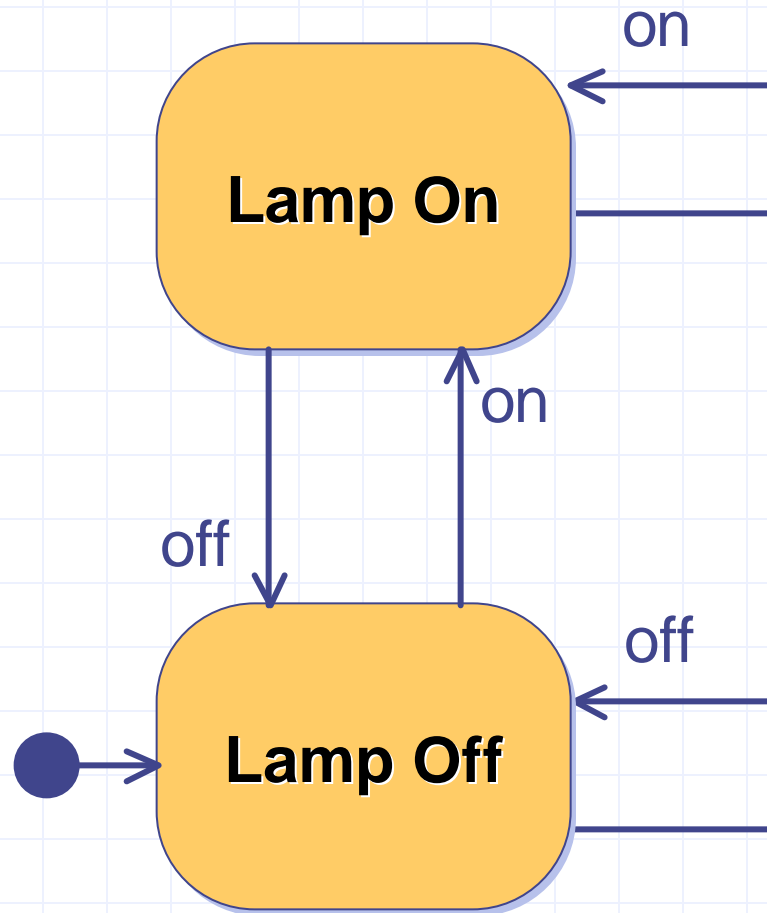
# Automate

- ◆ Une machine dont le comportement en output résulte de
  - Les inputs courants
  - Les inputs passés
- ◆ Caractérisée par un état interne représentant son passé



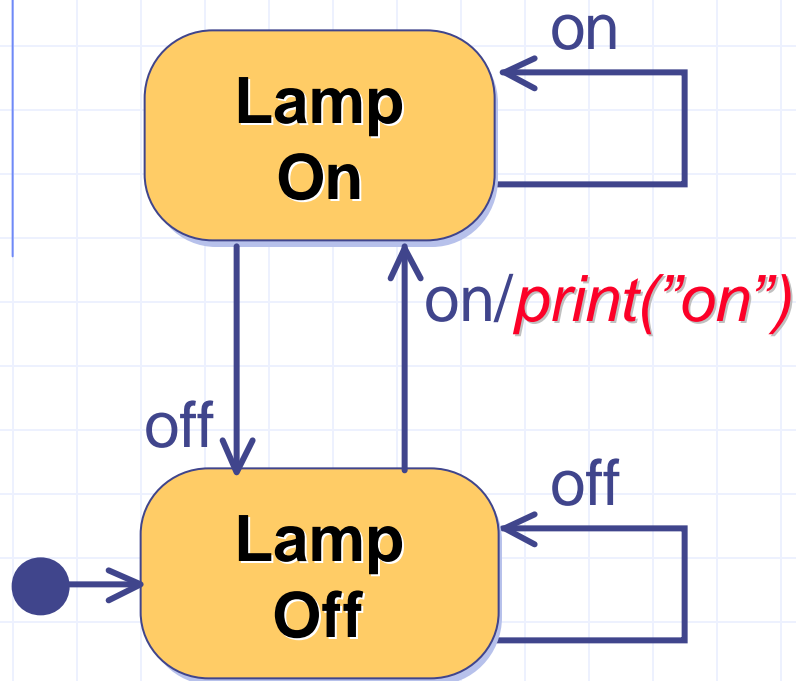


# Statechart Diagram

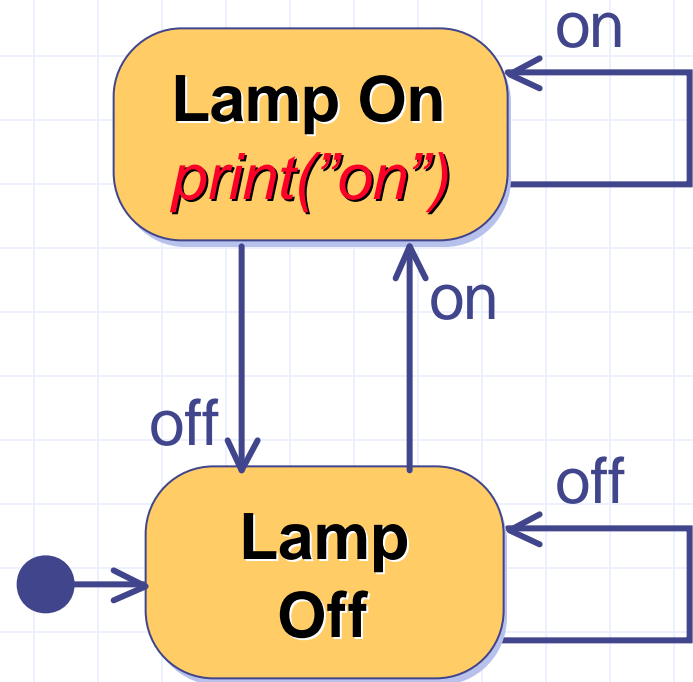


# Outputs et Actions

- ◆ Le changement d'état peut générer des outputs



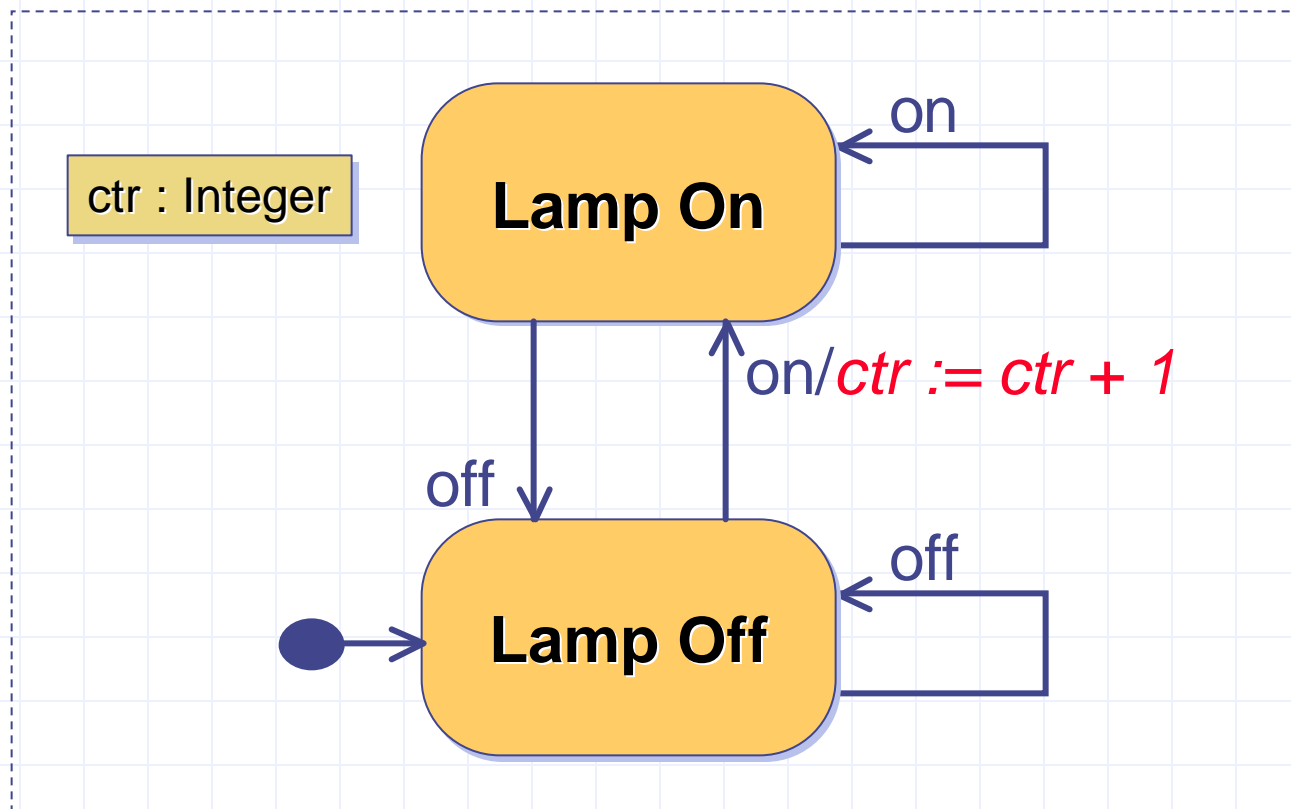
**Mealy** automaton



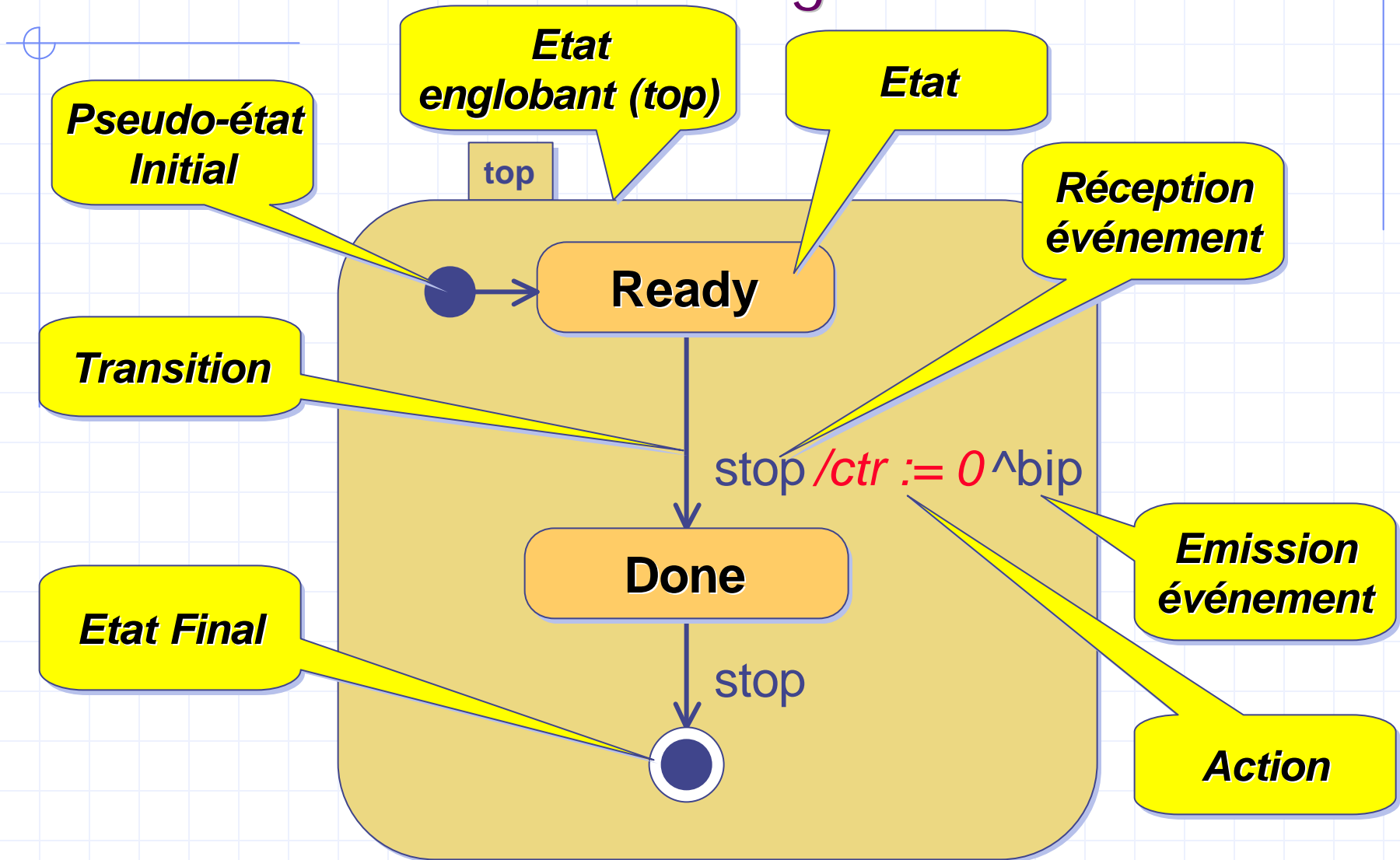
**Moore** automaton

# Machine d'états étendue

## ◆ Addition de variables ("extended state")



# Basic UML Statechart Diagram



# Comportement "Event-Driven"

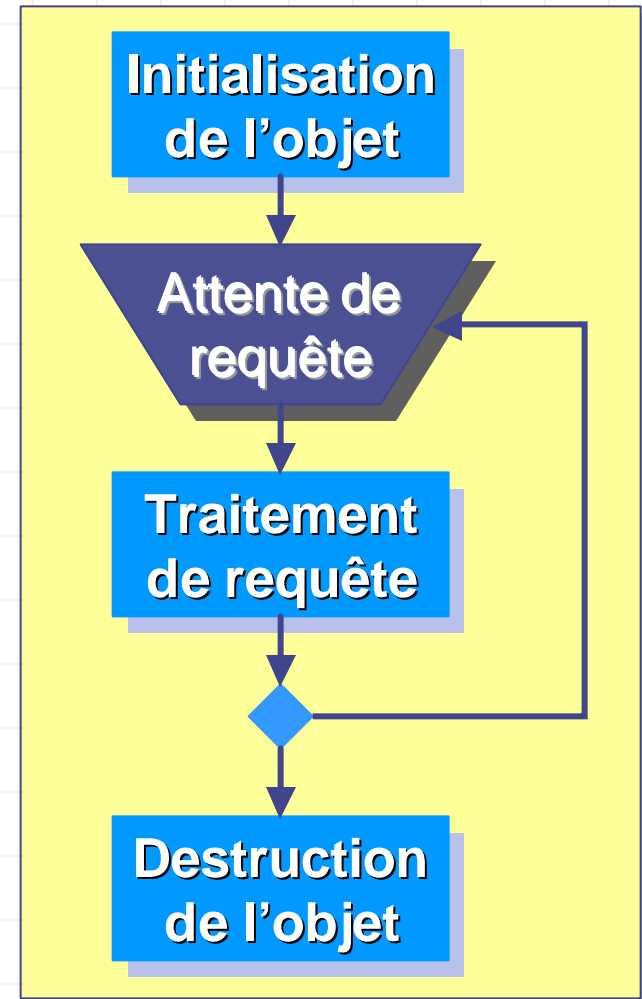
- ◆ Événement = un type d'occurrence observable:
  - Interactions:
    - ◆ Appel d'opération synchrone (call event)
    - ◆ Réception de signal asynchrone (signal event)
  - Événements temporels (time event)
    - ◆ Expiration d'un délai (after(x))
    - ◆ Survenance d'une date (when(x))
  - Changement de valeur d'une entité (change event)
- ◆ Une instance d'événement survient à un instant donné et n'a en lui-même aucune durée

# A quelle entité le comportement est-il attaché?

- ◆ En principe, tout ce qui manifeste un comportement “event-driven”
- ◆ En pratique, une machine d'état est attachée à une classe, afin de contraindre:
  - le comportement interne de ses instances
  - les interactions entre objets
- ◆ L'intérêt principal de la machine d'état en UML apparaît dans le cas des objets actifs

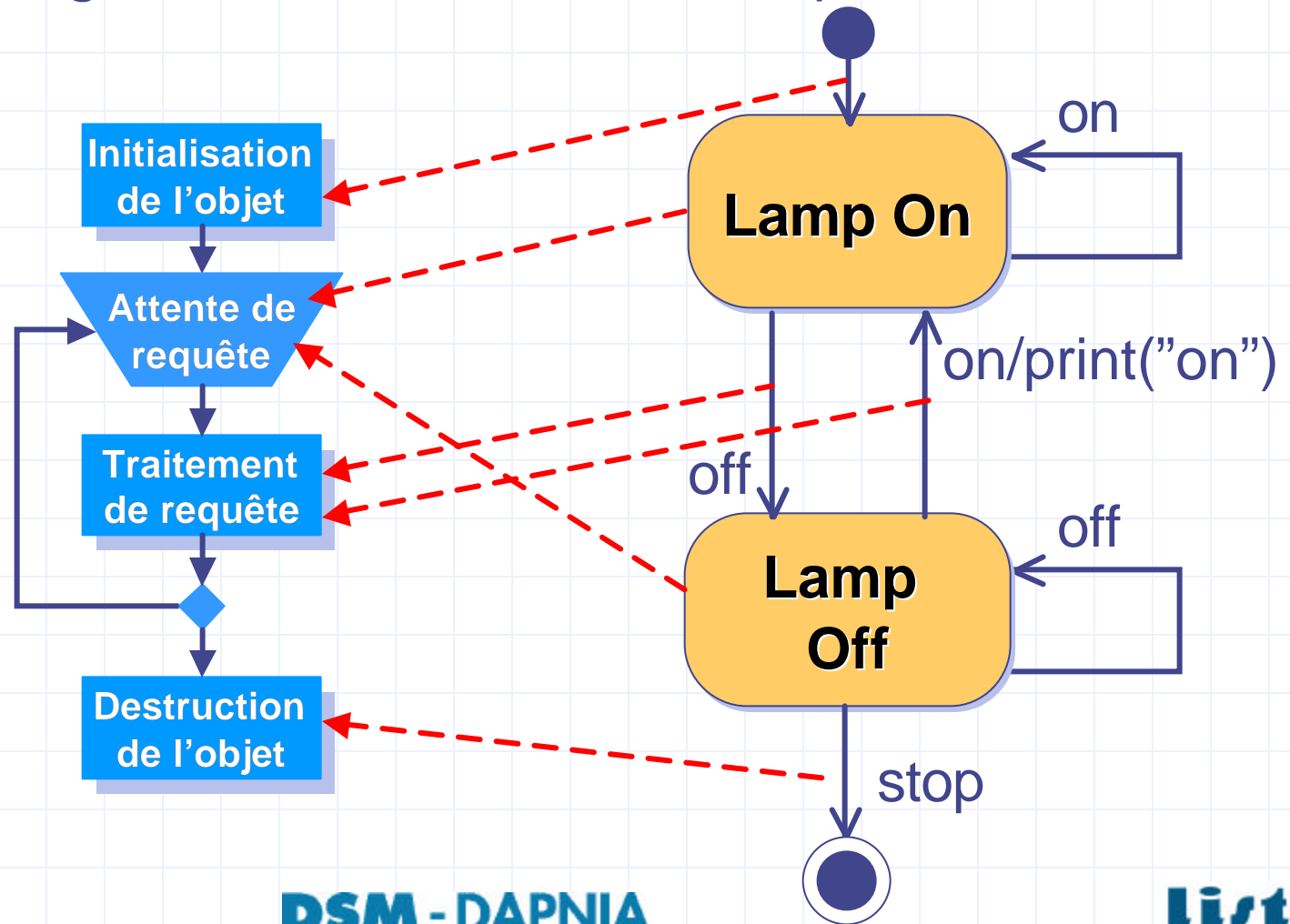
# Modèle général du comportement d'un objet actif

## ◆ Modèle serveur simple



# Modèle général du comportement d'un objet actif

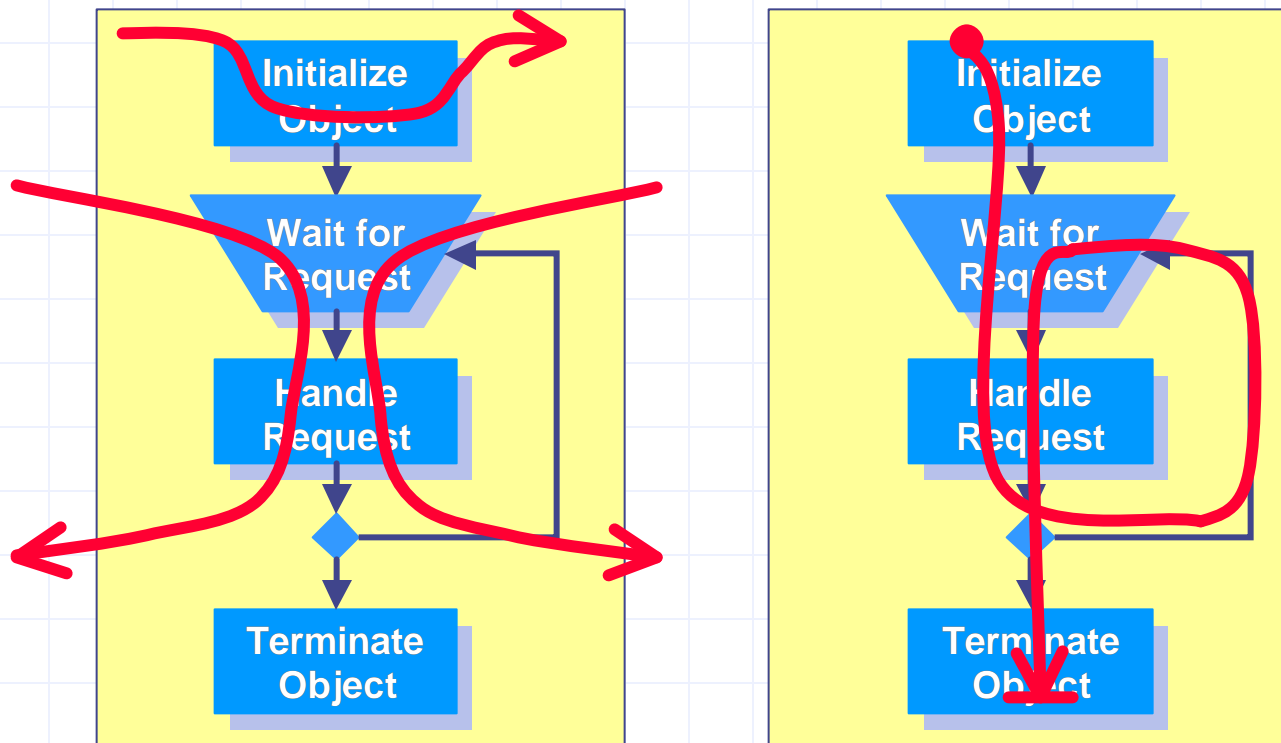
◆ Mapping machine d'états  $\Leftrightarrow$  simple serveur



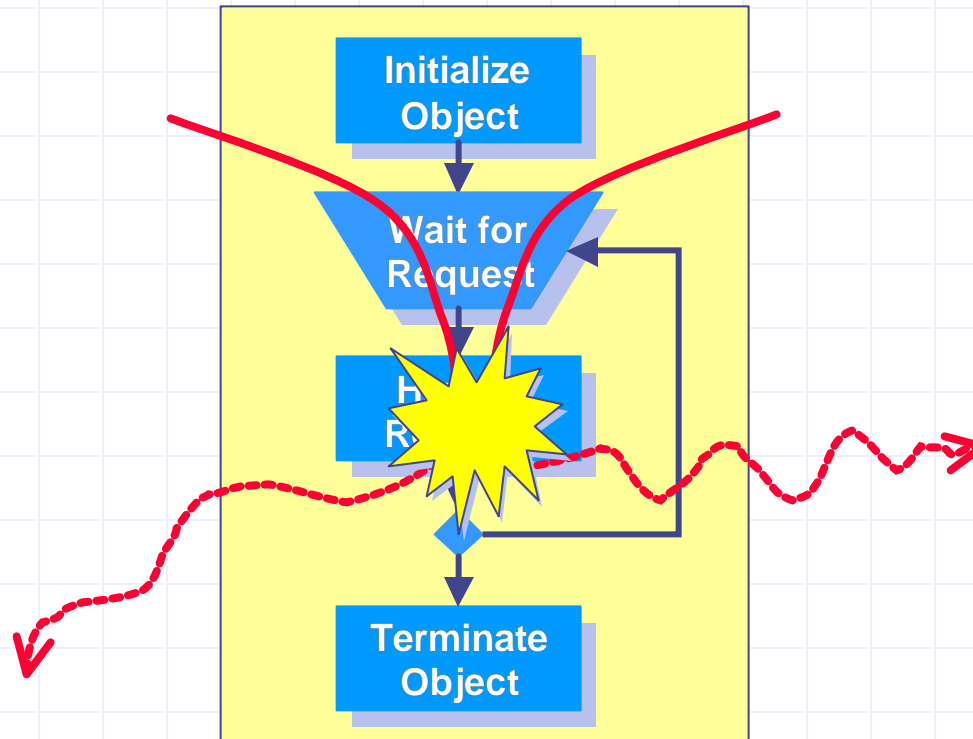


# Objets et fils d'exécution

- ◆ Objet passif : activation dépend d'un fil externe
- ◆ Objet actif : possède son propre fil d'exécution



# Dynamique d'un objet passif

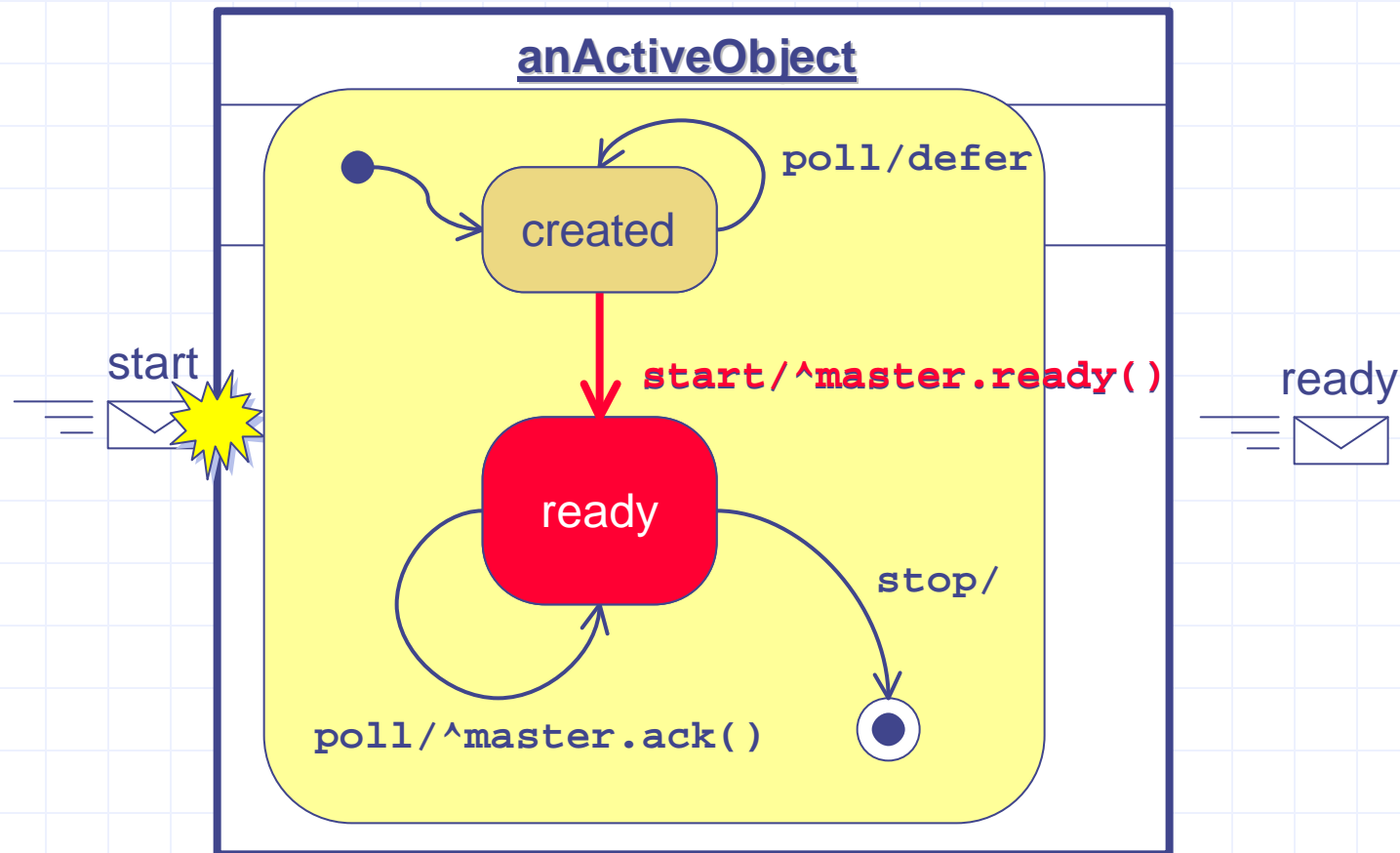


◆ L'encapsulation ne protège pas des conflits de concurrence !

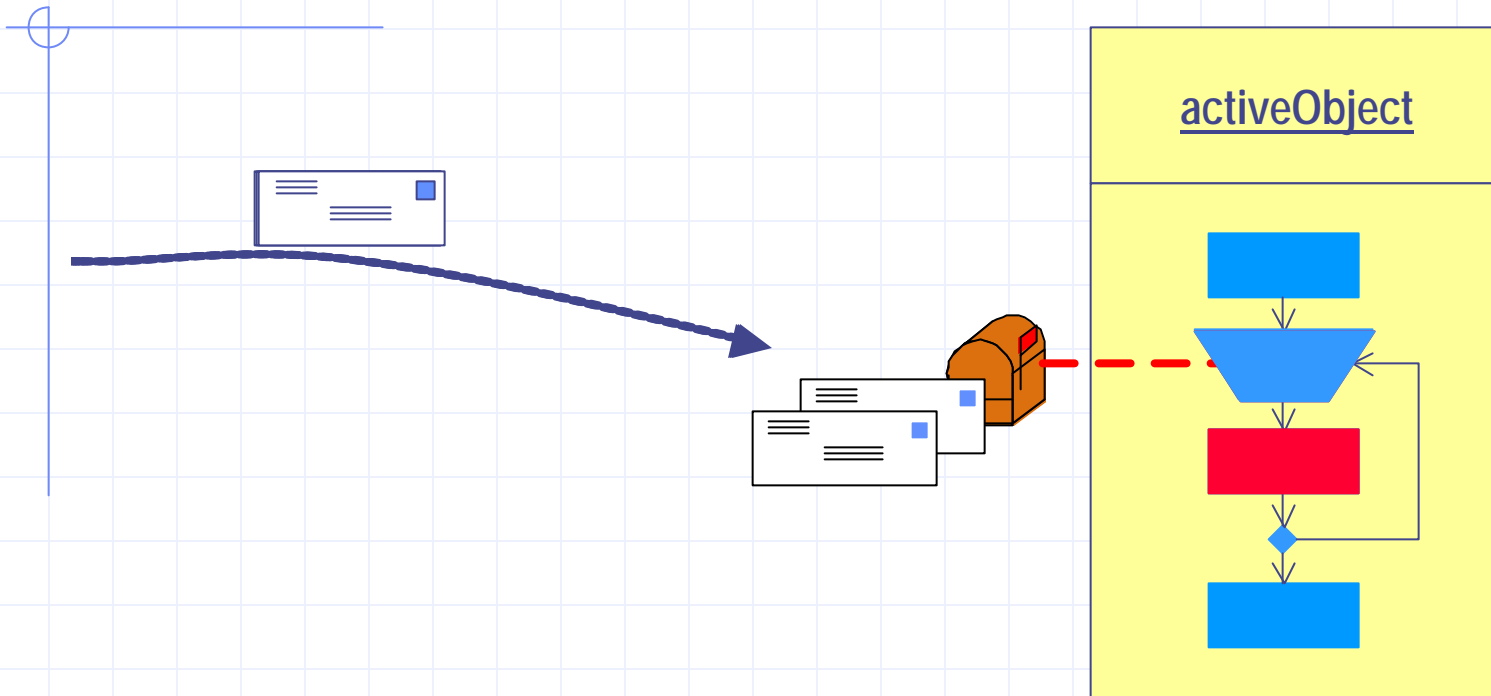
⇒ Synchronisation explicite nécessaire

# Objets actifs et machines d'états

- ◆ L'objet encapsule son propre fil d'exécution (n'exporte que des opérations de requêtes)



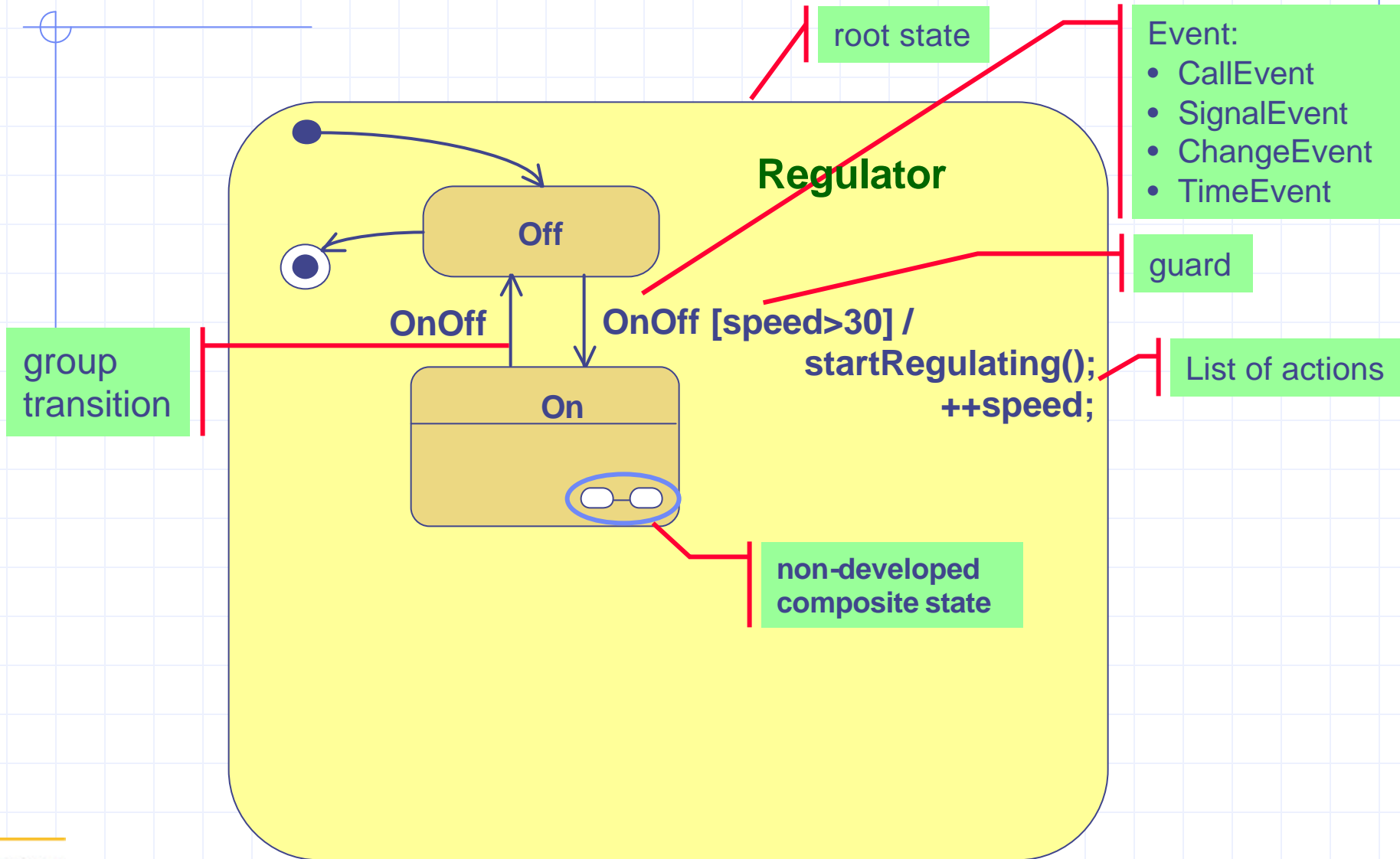
# Dynamique d'un objet actif



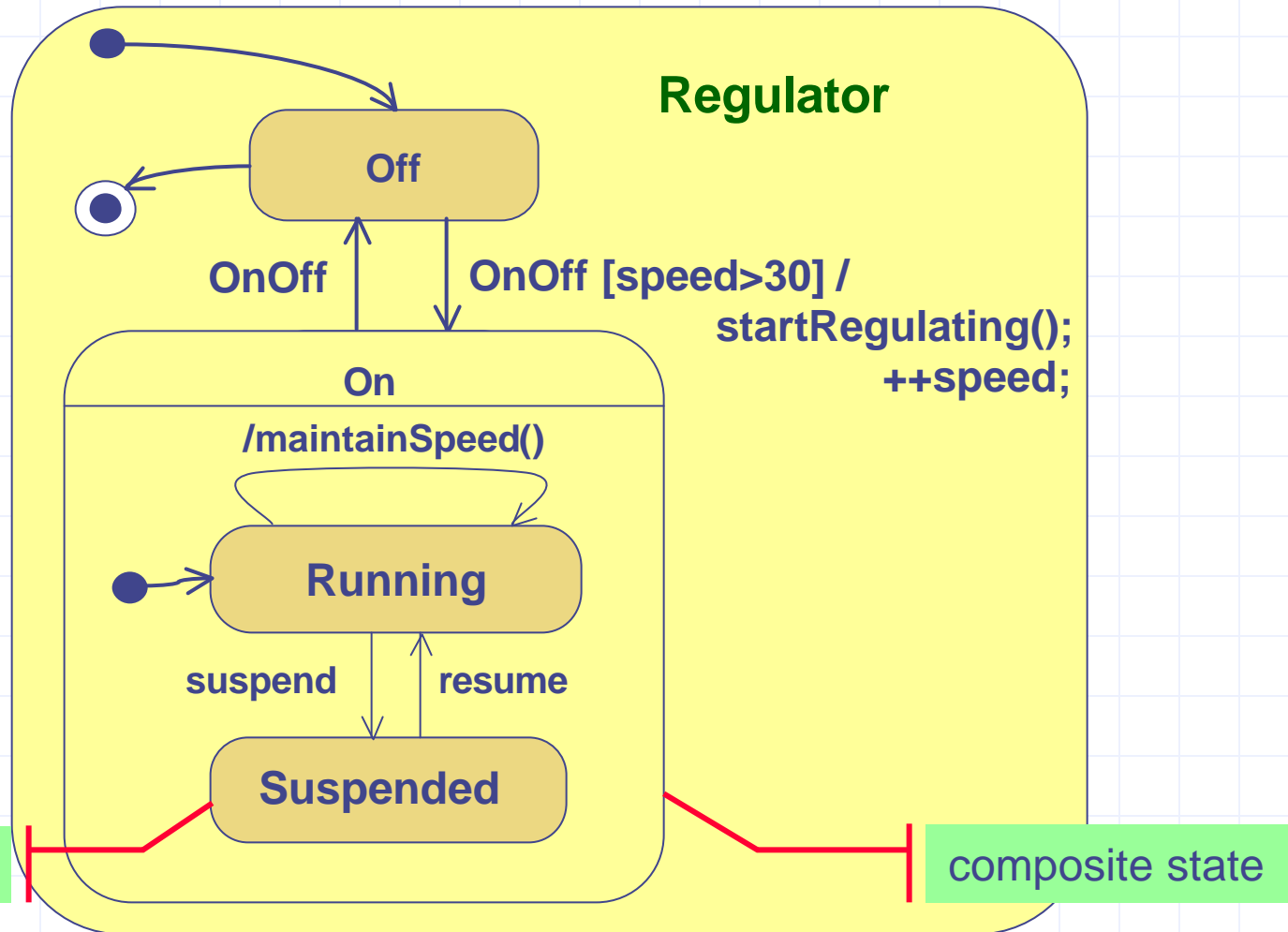
## ◆ Modèle "exécution jusqu'à complétion":

- traitement sérialisé des événements
- élimination des accès concurrents internes
- minimisation du "context-switching"

# Statechart diagram



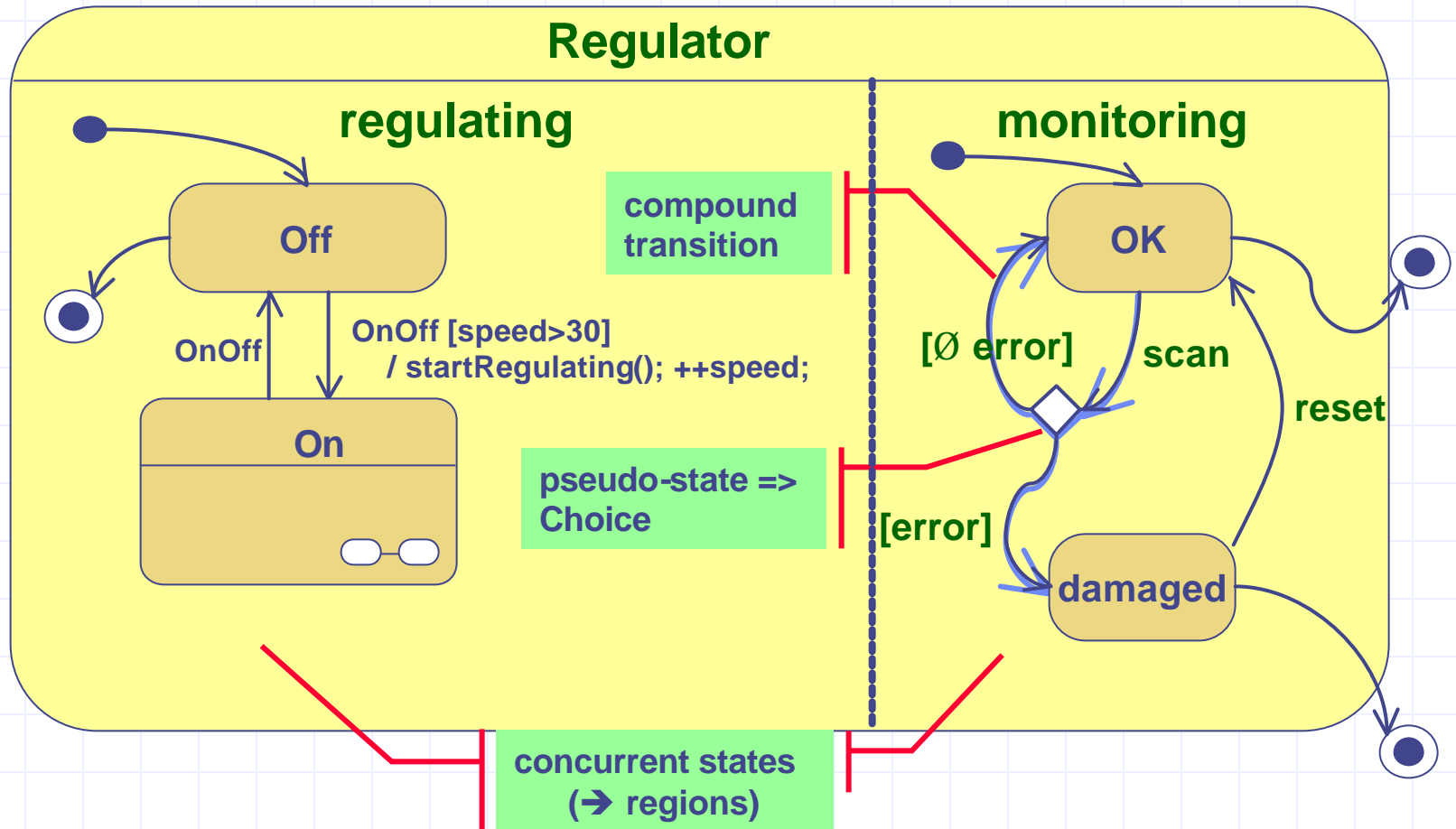
# Etat composite



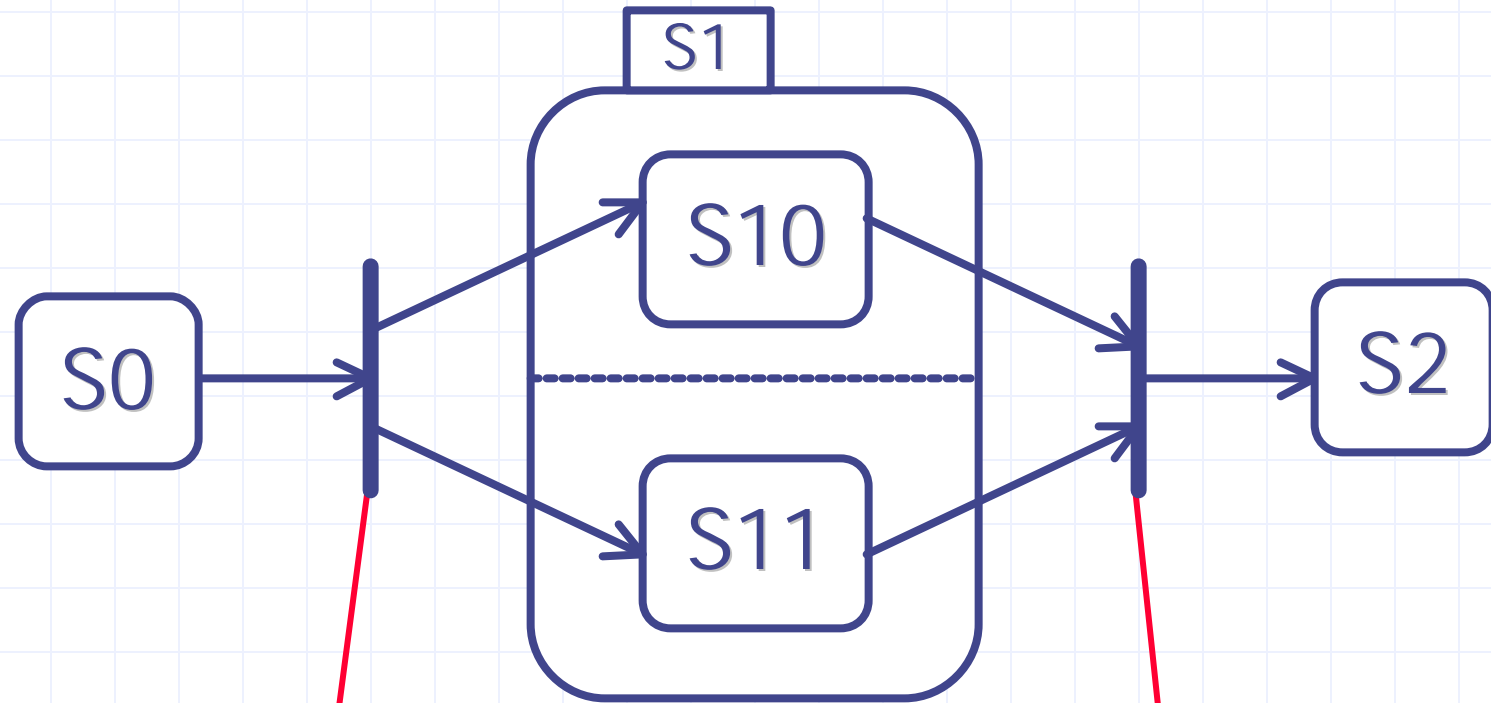
simple state

composite state

# Etats concurrents



# Transitions d'états concurrents



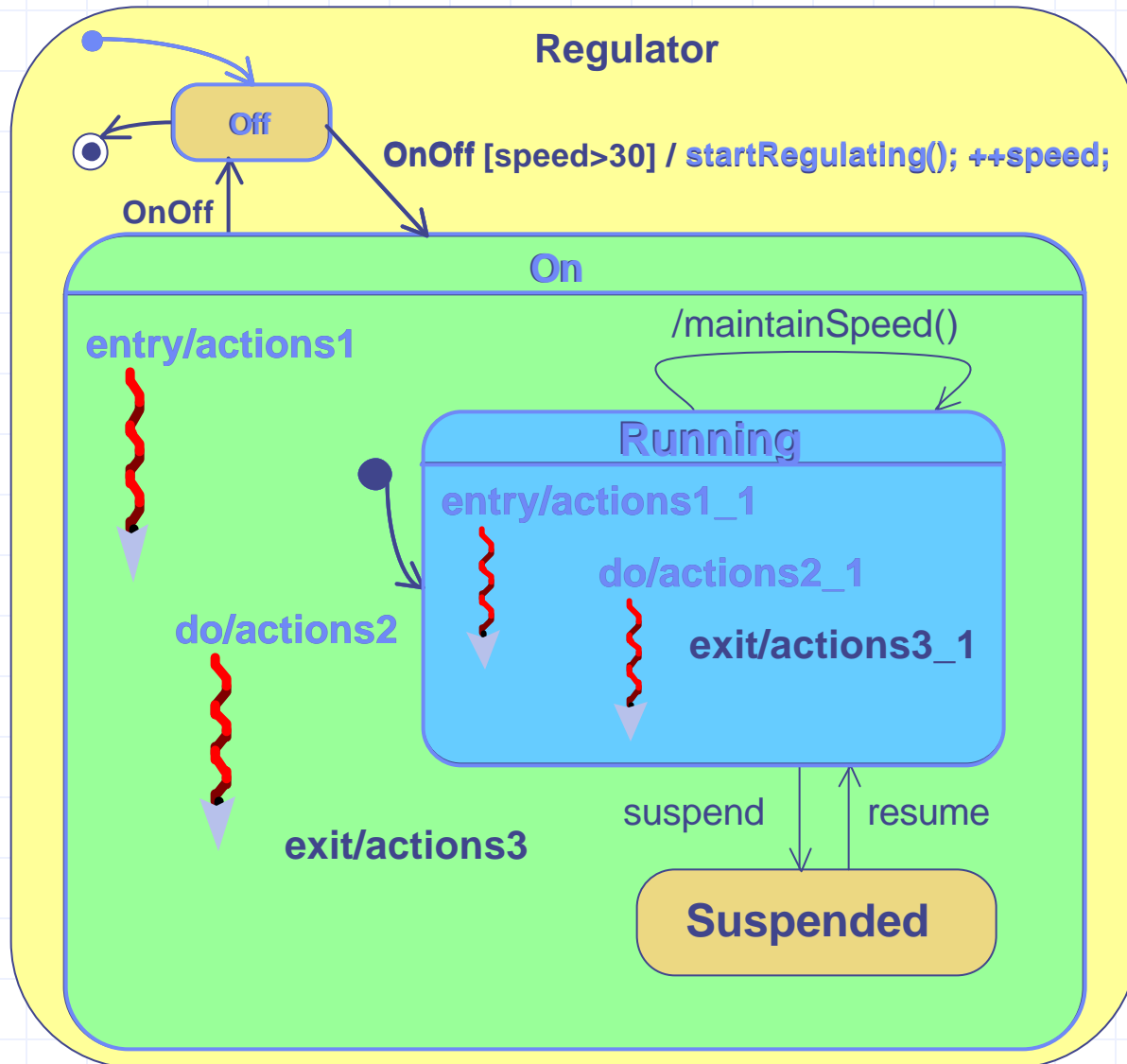
*Fork pseudo-state*

*Join pseudo-state*



# Actions

## Ordre des actions :



2- transition...

3- entry

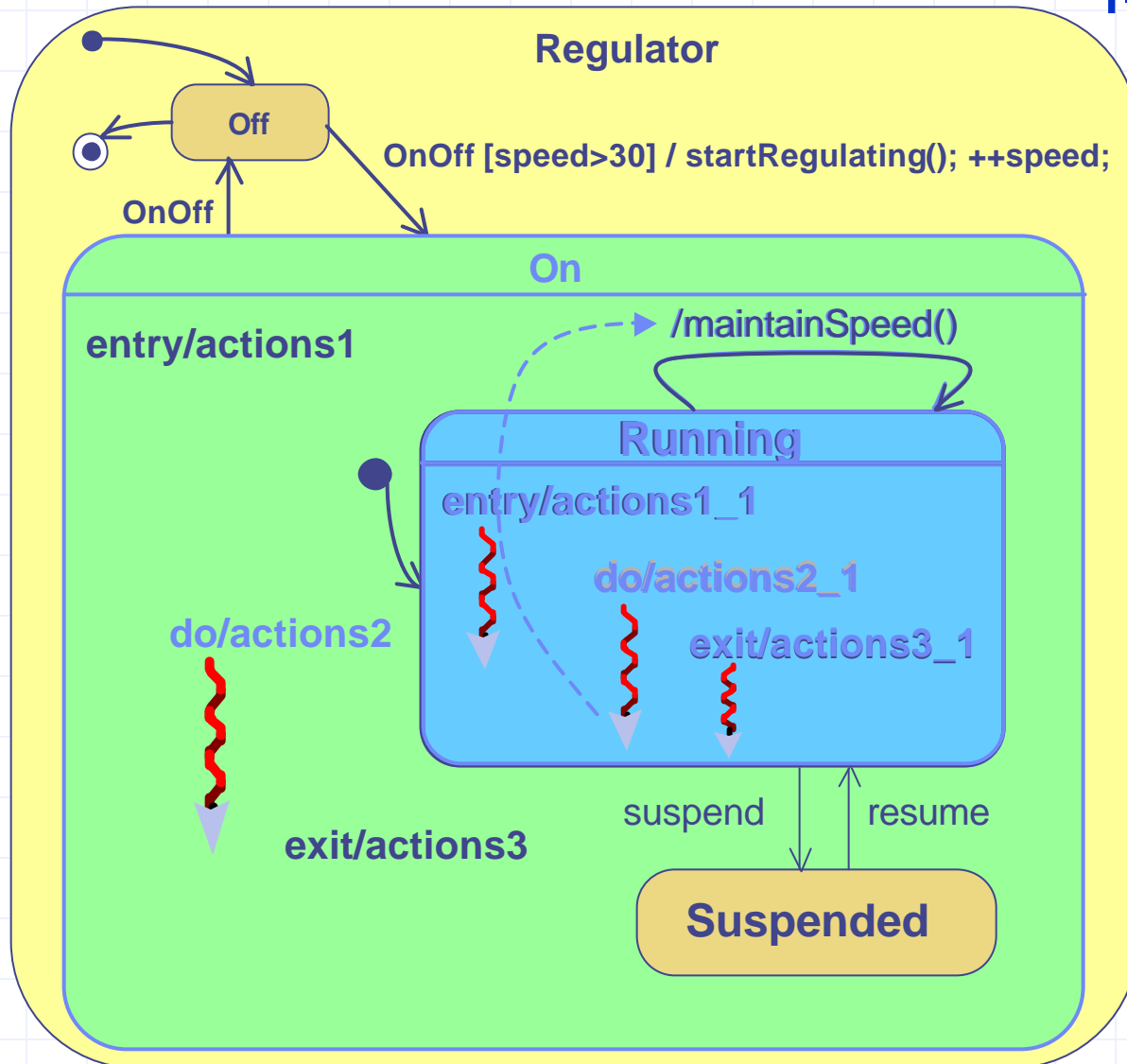
(récursion depuis « top »)

4- do...

✎ *Etat indéfini entre le 1er exit et le dernier entry*

➤ *Récursion des actions « do » dans les états imbriqués  
↳ possibilité de // ...*

# Actions



## Ordre des actions :

**1- exit** (*réursion depuis down*)

**2- transition...**

**3- entry**

(*réursion depuis « top »*)

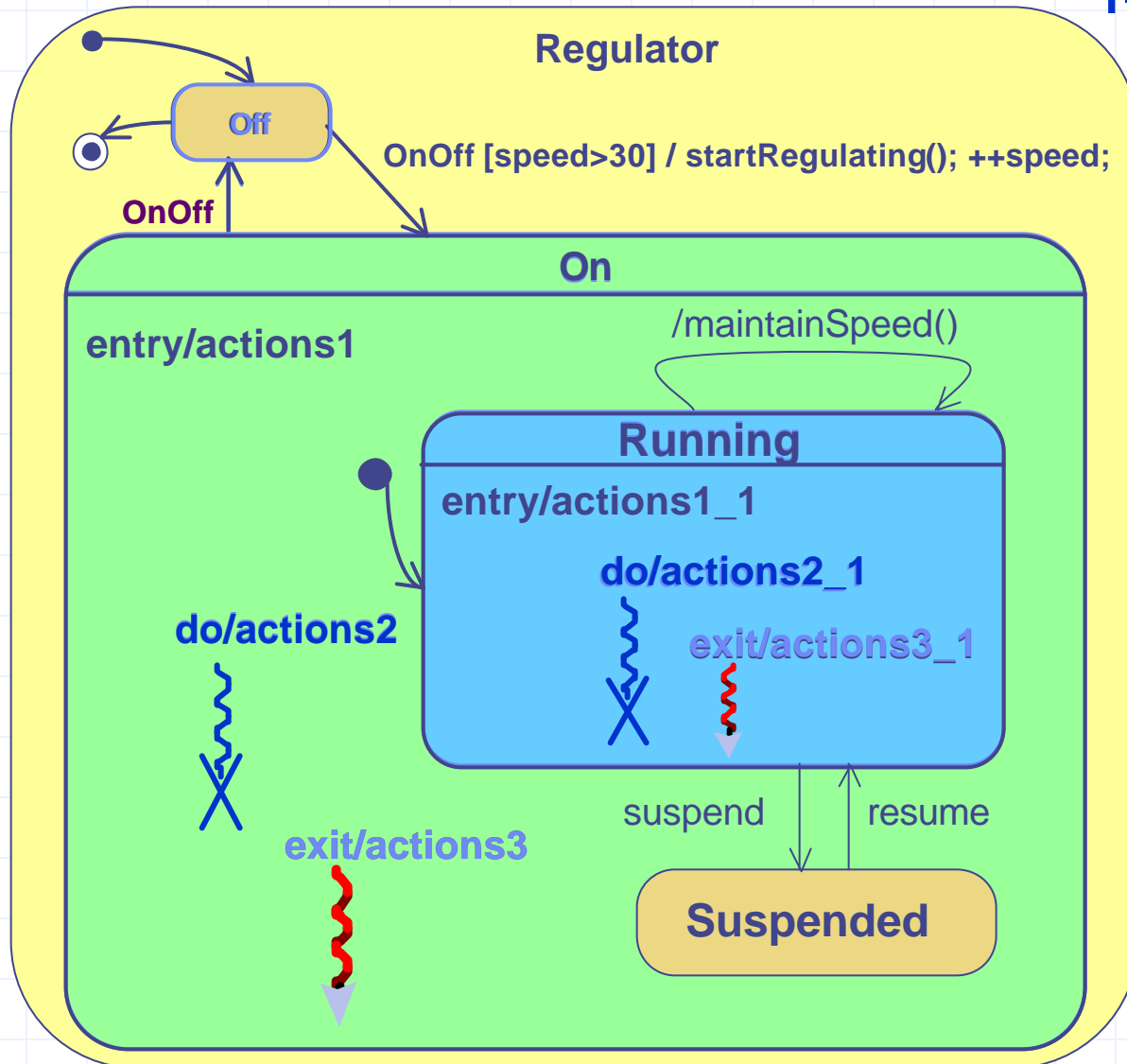
**4- do...**

✎ *Etat indéfini entre le 1er exit et le dernier entry*

➤ *Réursion des actions « do » dans les états imbriqués*  
P *possibilité de // ...*

➤ *Fin d'action « do » génère: completion event*  
P *completion transitions*

# Actions



## Ordre des actions :

**1- exit** (*réursion depuis down*)

**2- transition...**

**3- entry**

(*réursion depuis « top »*)

**4- do...**

✎ **Etat indéfini entre le 1er exit et le dernier entry**

➤ **Réursion des actions « do » dans les états imbriqués**  
*P* possibilité de // ...

➤ **Fin d'action « do » génère: completion event**  
*P* completion transitions

➤ **Tout événement interrompt les actions « do » en cours**

# Variabilité des Machines d'états UML

- ◆ Choix de la (des) politique de livraison des événement
  - Le plus répandu = FIFO
- ◆ Une tâche par défaut est définie (celle qui lit implante la politique de livraison des événements)
  - Mais il est possible d'en avoir plusieurs, par exemple: une tâche par région concurrente
- ◆ Héritage de machine d'état: non défini
- ◆ ...

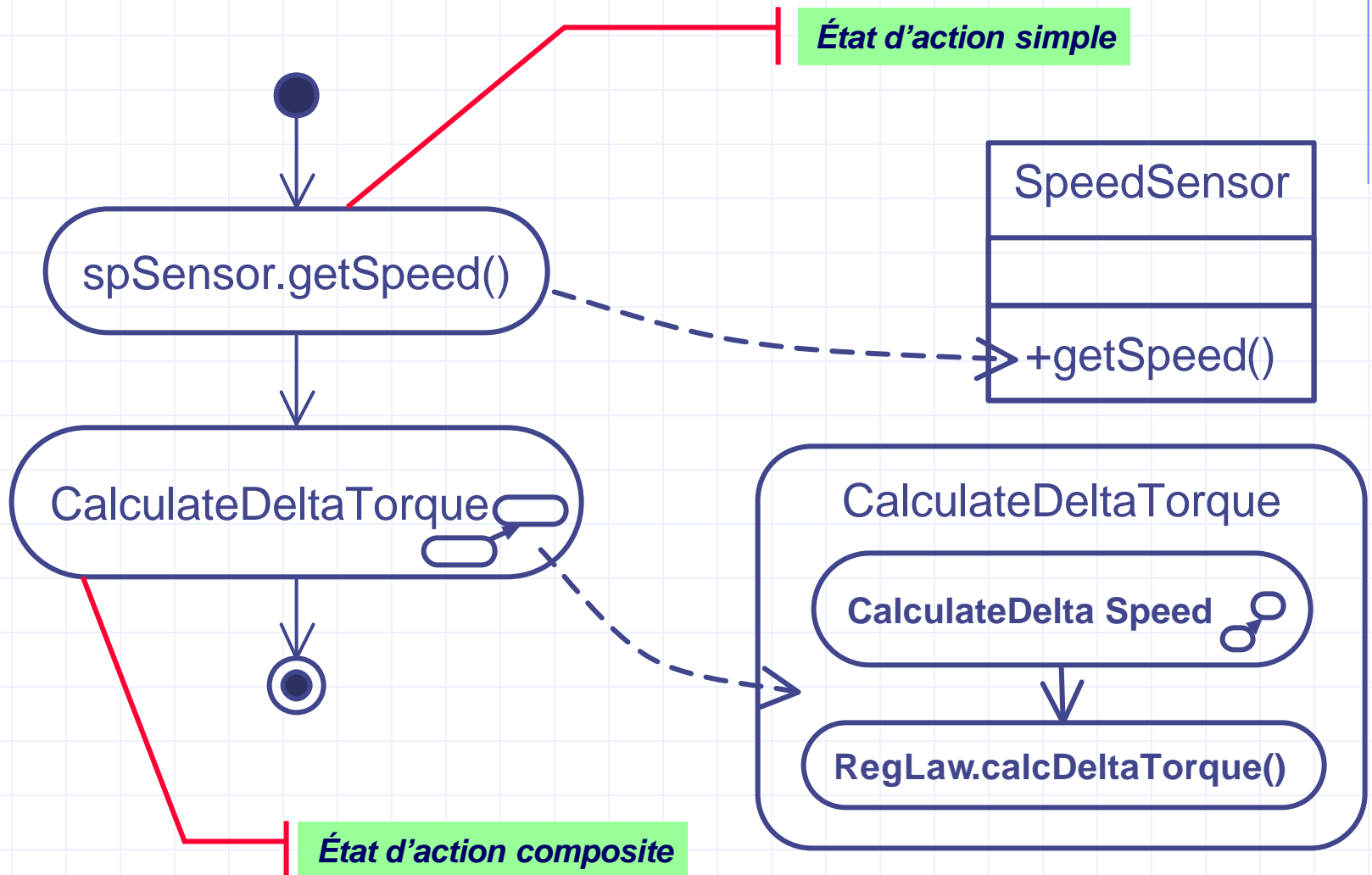
# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modélisation la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement de l'objet
- ◆ Modéliser les traitements
  - Diagramme d'activité
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

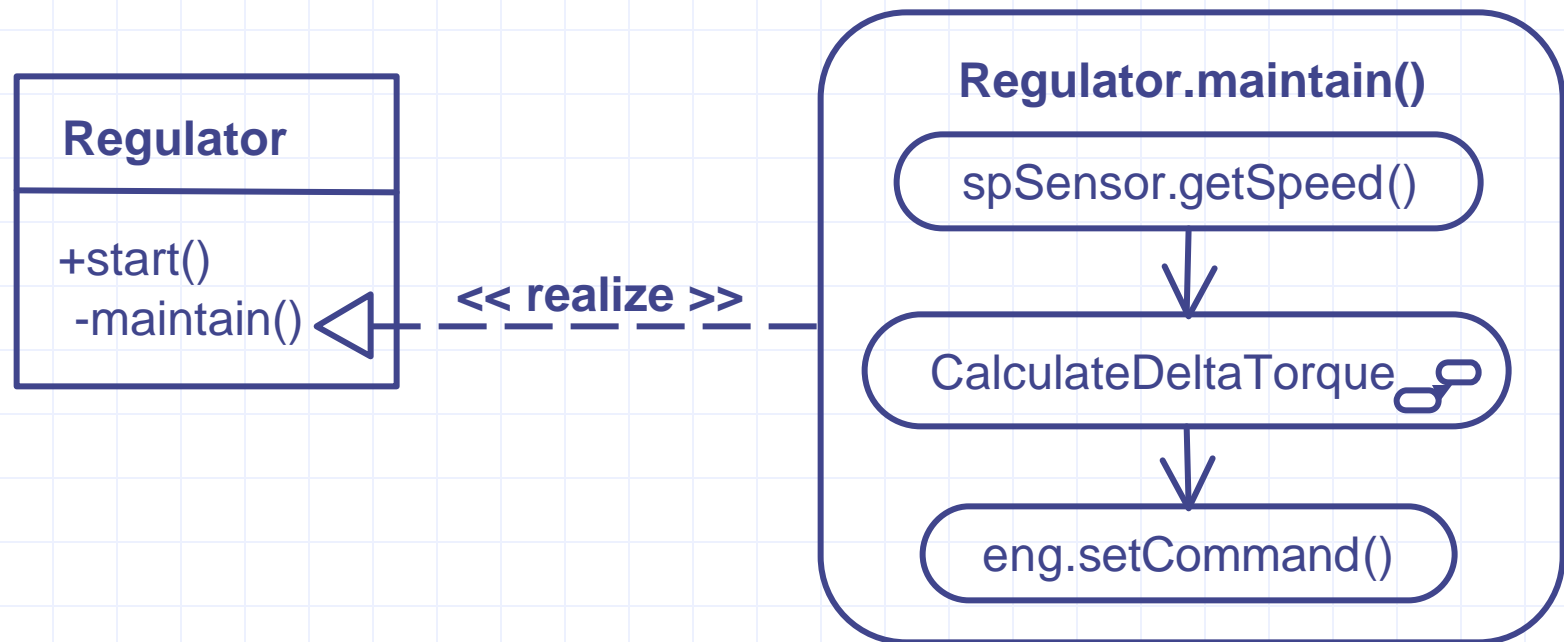
# Activity diagrams

- ◆ Pour spécifier les flux de contrôle, de données ou d'objets
- ◆ Graphe constitué d'étapes (états d'action) (ressemblances avec statechart)
  - Une étape se termine → étape suivante
  - Supporte la concurrence
- ◆ Insiste sur l'ordre des étapes
- ◆ Sous-activités = décomposition fonctionnelle

# Éléments de base

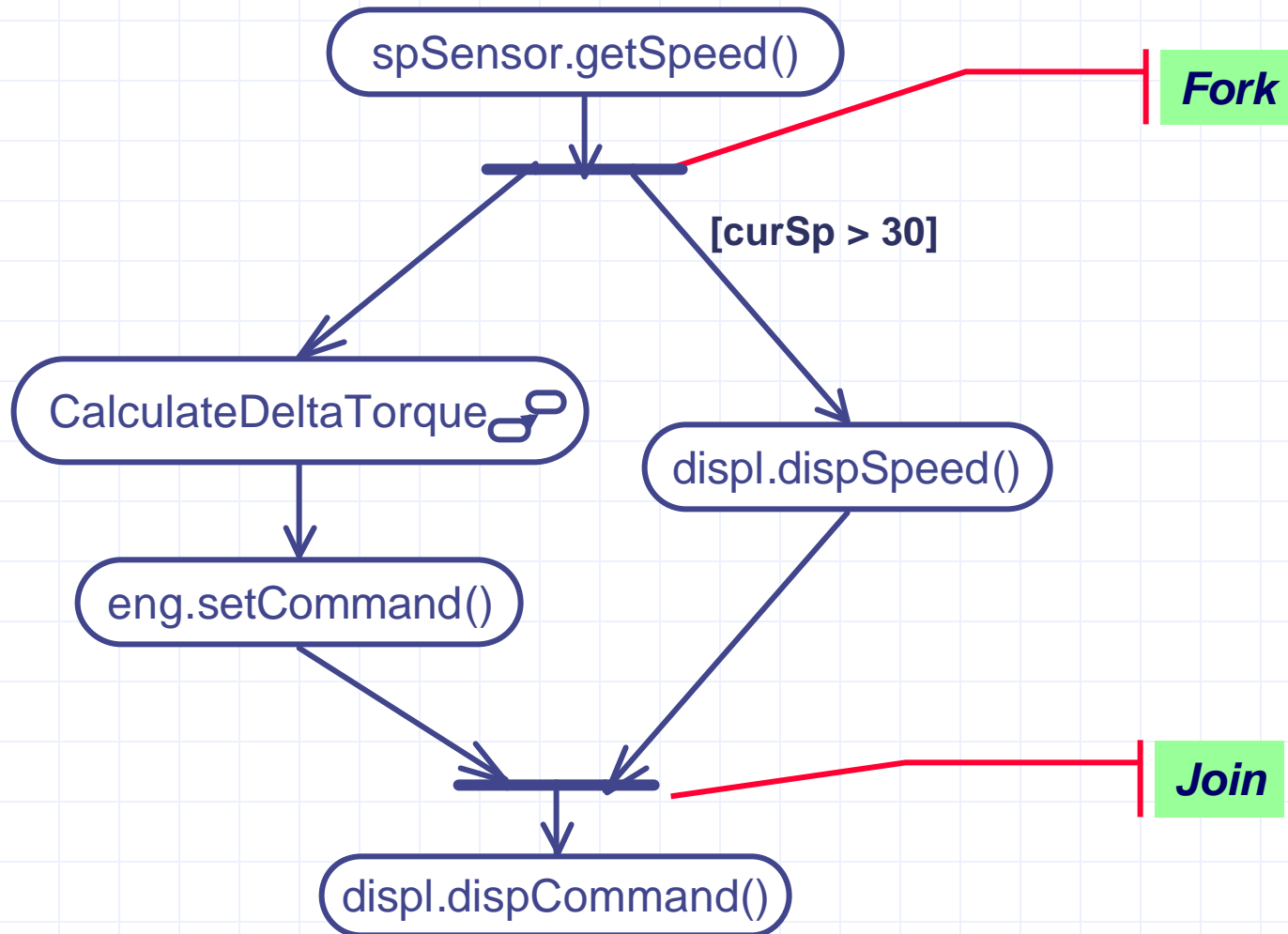


# Graphe d'activité et spécification de méthode

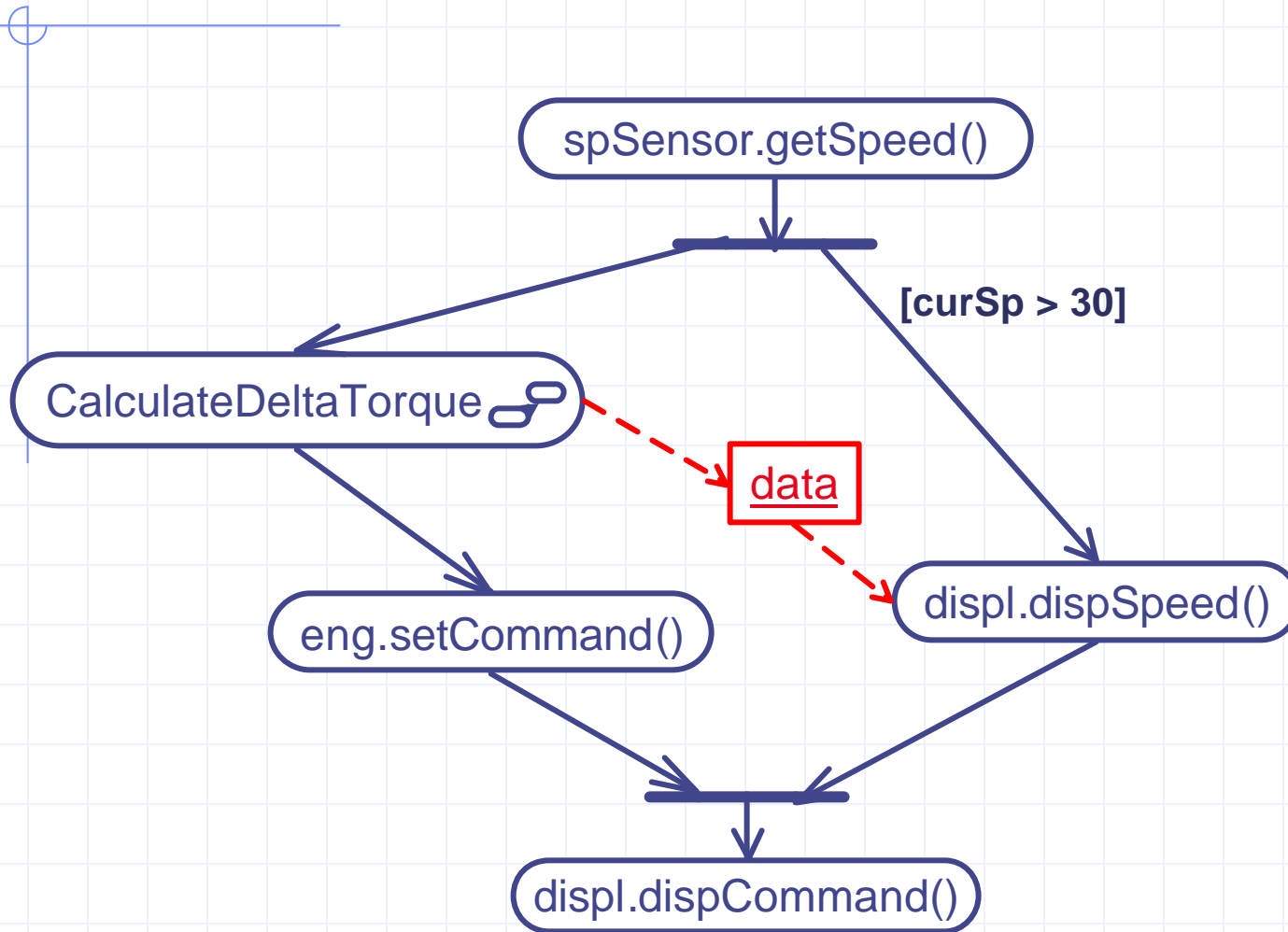




# Concurrence



# Flux d'objet: représente la disponibilité d'un objet



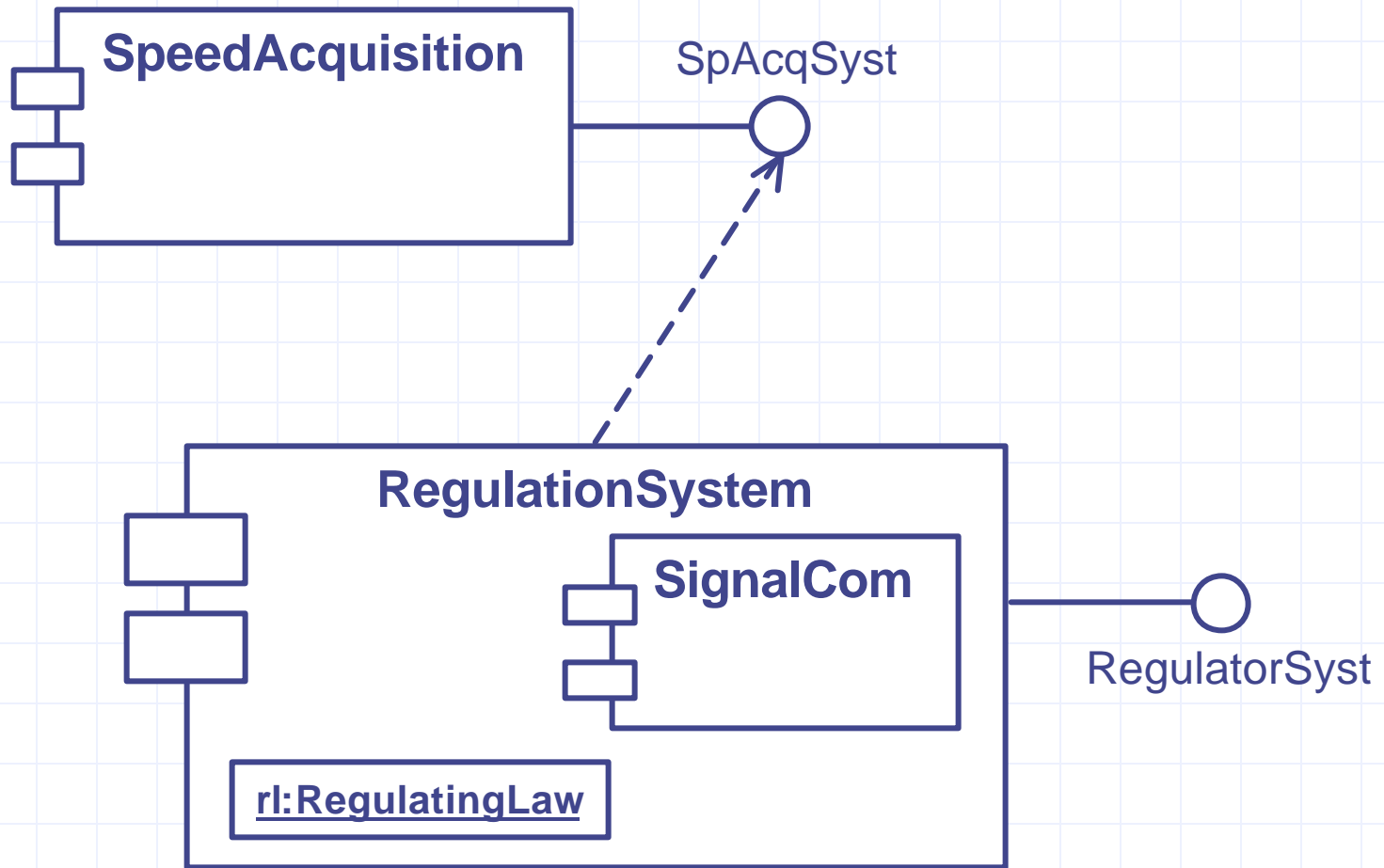
# Points de vues de modélisation

- ◆ Spécifier le système
- ◆ Modéliser des objets communicants
- ◆ Modélisation la structure de l'application
- ◆ Modéliser le comportement de l'objet
- ◆ Modéliser les traitements
- ◆ Modéliser l'instanciation de l'application

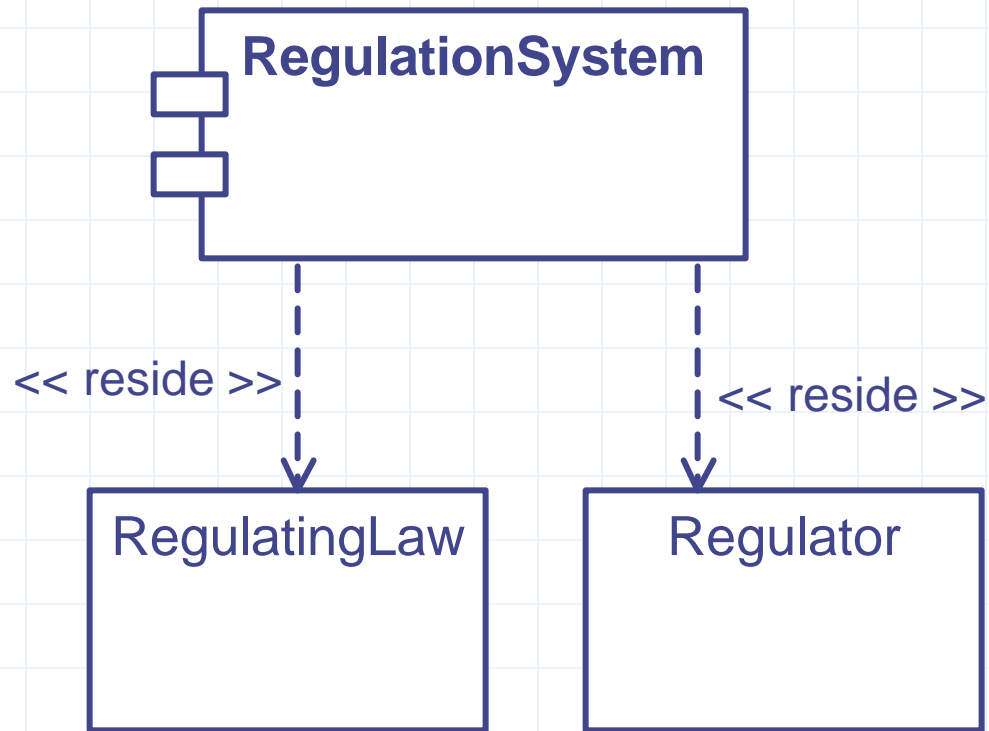
# Diagrammes d'implantation

- ◆ Diagrammes de composants: organisation et dépendances des composants de l'application
  - code source, binaires, exécutables, procédures, documents, etc.
- ◆ Diagrammes de déploiement: configuration de distribution des composants

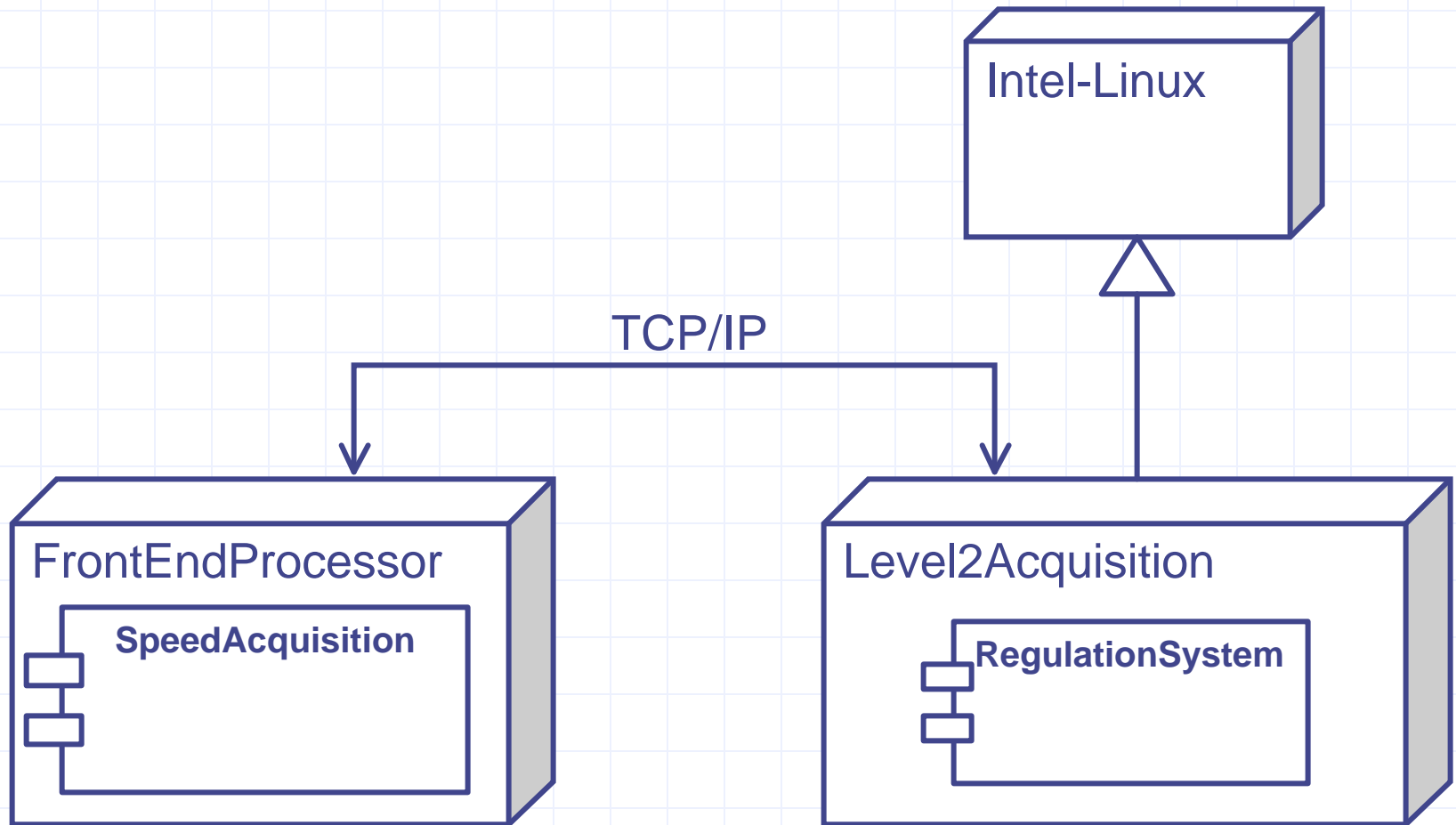
# Component Diagram



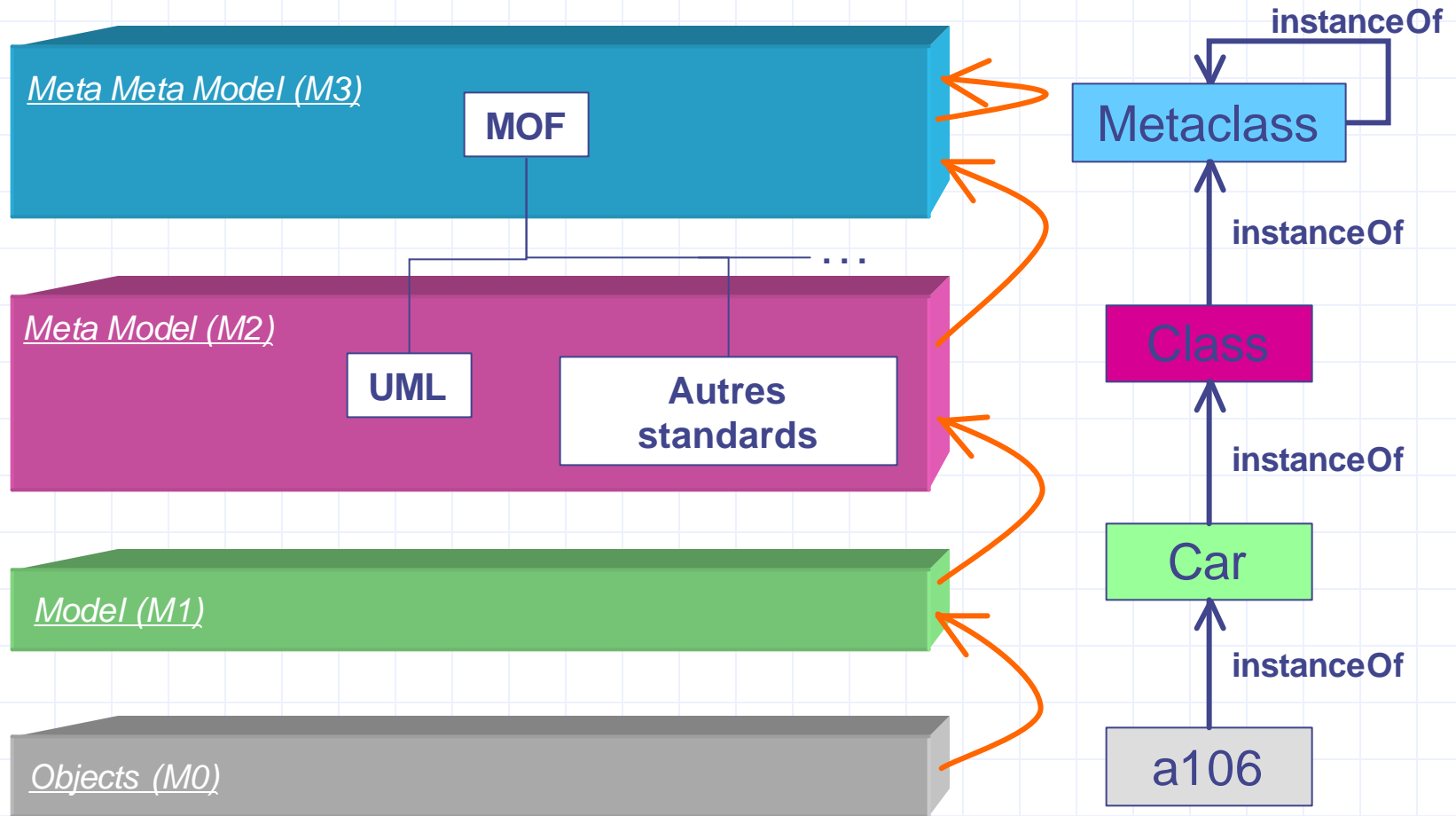
# Composants (classes résidentes)



# Deployment Diagram

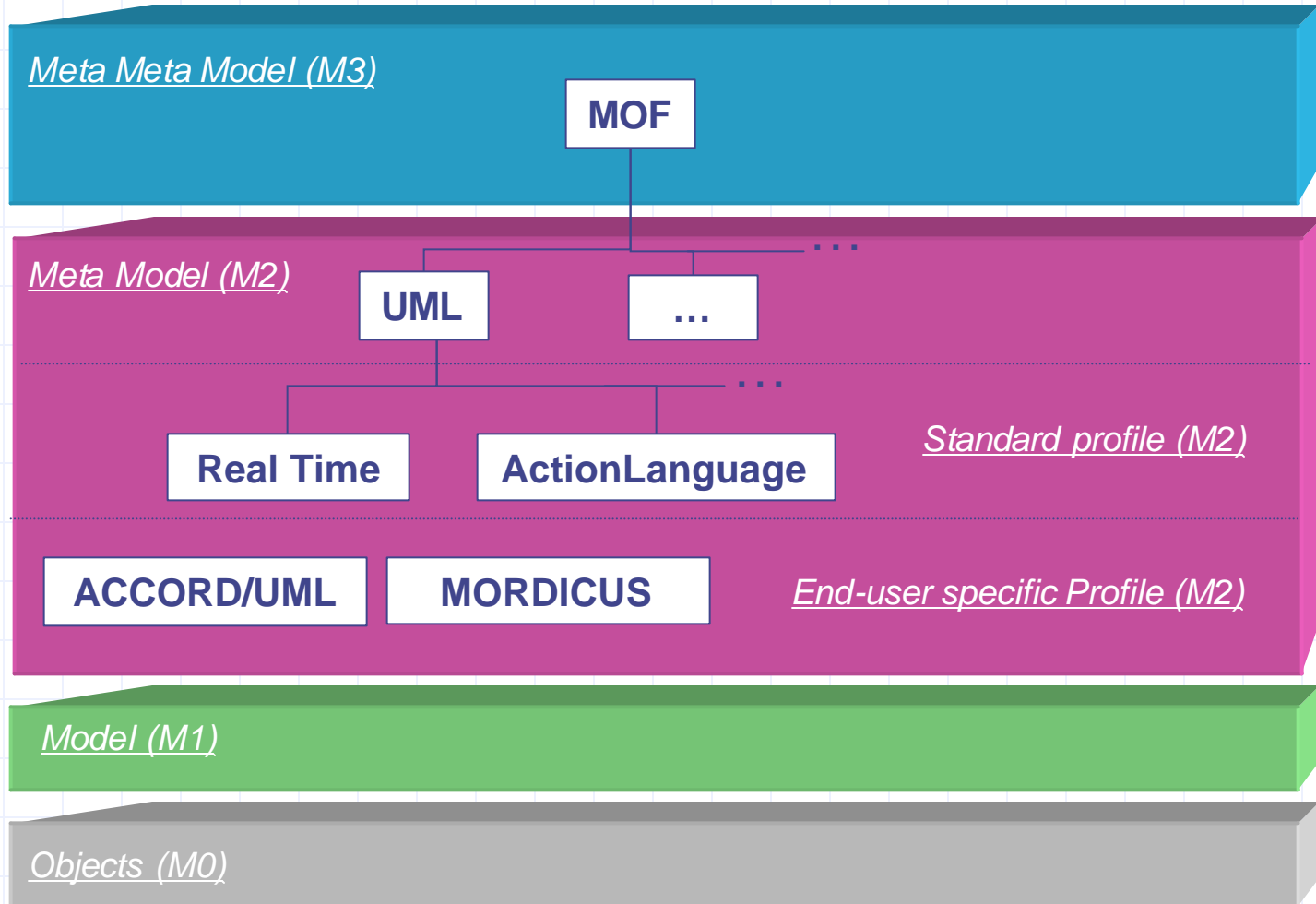


# Modèle en 4 couches

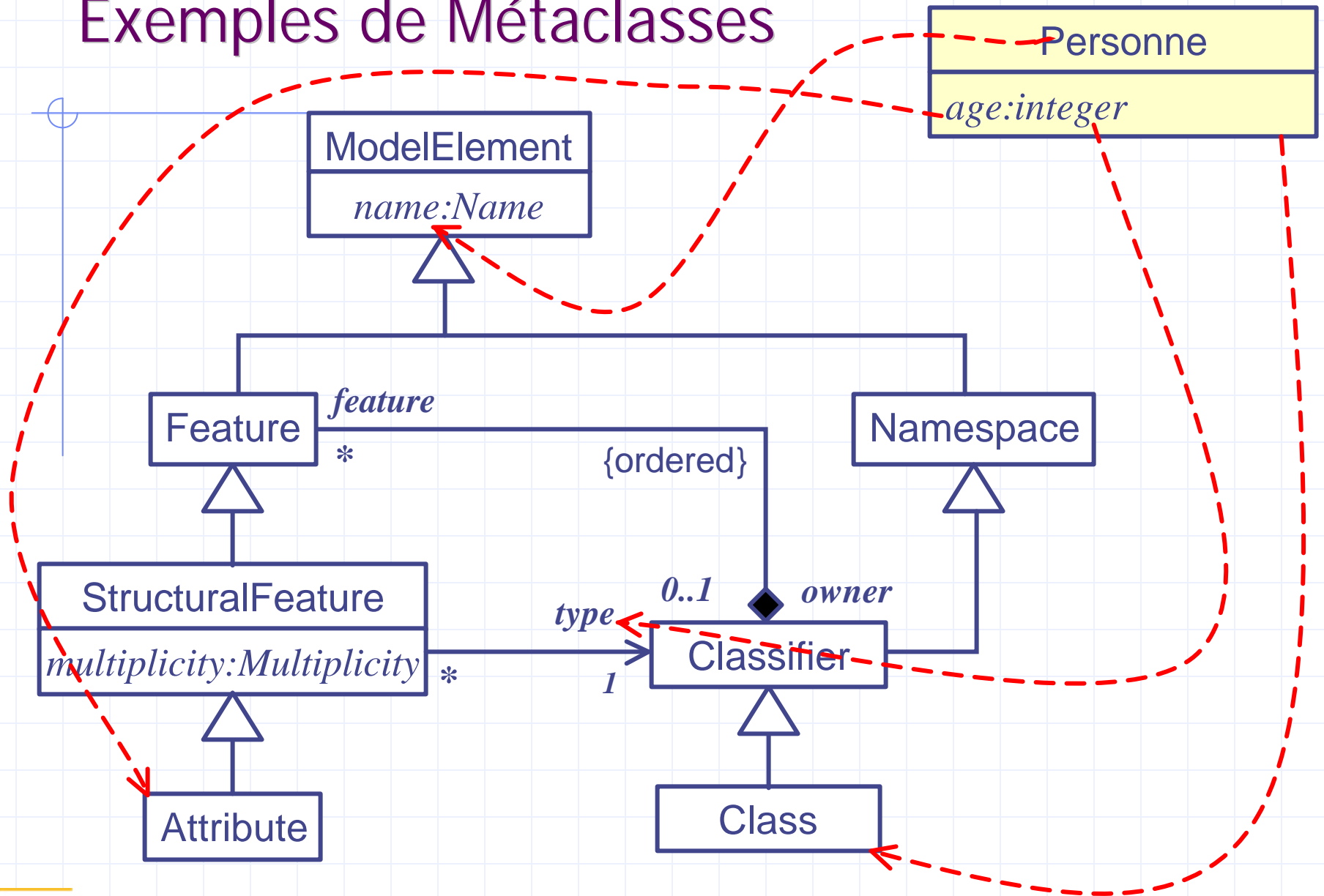




# Extensions Métier d'UML



# Exemples de Métaclasses



# Mécanismes d'extension UML

## ◆ Stereotype

- Méta-classe spécialisée (ex: « real-time »)
- Ajout de nouveaux stéréotypes → extension

## ◆ Tagged value

- méta-attribut (ex: {abstract})
- Ajout d'un nouveau méta-attribut → extension

## ◆ Constraint

- Règle de formation d'expression (ex: {ordered})
- Nouvelles contraintes sur le méta-modèle → extension

# Notion de profil UML

(Cf. [http://www.objectteering.com/us/smot\\_uml\\_white.htm](http://www.objectteering.com/us/smot_uml_white.htm))

- ◆ Standardisation d'un méta-modèle étendu d'UML
- ◆ Adapté à un domaine métier ou middleware
- ◆ Un profil UML peut contenir
  - Les éléments sélectionnés dans la méta-modèle de référence
  - Des extensions utilisant les différent mécanismes d'extension
  - Descriptions sémantiques des extensions
  - Notations supplémentaires
  - Règles de validation, présentation, transformation